



# **UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

## **INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES**

**MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA ÁREA TERMINAL:  
PECUARIA**

**“ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES  
INTENSIVOS CON UN ENFOQUE SISTÉMICO”**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA CON OPCIÓN  
TERMINAL EN EL ÁREA PECUARIA.**

**PRESENTA:**

**MVZ. DAVID RAMÍREZ MARTÍNEZ**

**DIRECTOR:**

**DR. GUILLERMO SALAS RAZO**

**TARÍMBARO, MICHOACÁN. AGOSTO, 2016.**





# **UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

## **INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES**

**MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA ÁREA TERMINAL:  
PECUARIA**

**TESIS**

**“ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES  
INTENSIVOS CON UN ENFOQUE SISTÉMICO”**

**PRESENTA:**

**MVZ. DAVID RAMÍREZ MARTÍNEZ**

**DIRECTOR:**

**DR. GUILLERMO SALAS RAZO**

**TARÍMBARO, MICHOACÁN. AGOSTO, 2016.**





# **UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

## **INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES**

**MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA ÁREA TERMINAL:  
PECUARIA**

**“ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES  
INTENSIVOS CON UN ENFOQUE SISTÉMICO”**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA CON OPCIÓN  
TERMINAL EN EL ÁREA PECUARIA.**

**PRESENTA:**

**MVZ. DAVID RAMÍREZ MARTÍNEZ**

**COMITE TUTORAL:**

**DR. MAURICIO PEREA PEÑA  
DRA. ERNESTINA GUTIÉRREZ VAZQUEZ  
DR. ROGELIO GARCIDUEÑAS PIÑA  
M.C. JUAN PABLO FLORES PADILLA**

**TARÍMBARO, MICHOACÁN. AGOSTO, 2016.**



## **A DIOS**

Por darme vida y haberme permitido llegar a este momento.

## **A MI FAMILIA**

Es tiempo de expresar mi agradecimiento por el apoyo, comprensión y amor que me han brindado en cada instante y decirles que ustedes: Luz Ireri, David Estanislao y Eitan Ezequiel, han sido ese impulso para continuar cada día, los amo y deseo que juntos alcancemos todas nuestras metas.

Igualmente quiero agradecer a mis padres y hermanos por el apoyo que me han brindado siempre.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo**

Por haberme brindado la oportunidad de estudiar la licenciatura en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (2006-2011).

### **Al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales**

Por todo el apoyo recibido, para la realización de mis estudios de Maestría en Producción Agropecuaria.

### **A la Fundación Produce Michoacán A. C.**

Por el apoyo financiero recibido durante mi estancia en Tepalcatepec y Apatzingán Michoacán.

### **A los productores**

A la familia Álvarez Madrigal y a los productores de la red silvopastoril intensivo de Tepalcatepec y Apatzingán Michoacán, por el apoyo recibido durante el proyecto.

### **A mis asesores**

Por el interés en mi formación y por sus aportaciones en el desarrollo de esta Tesis.

## Contenido

1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1-Antecedentes del sistema silvopastoril intensivo .....	2
2.2. Conceptos del sistema silvopastoril intensivo.....	2
2.3-Ventajas generales del sistema silvopastoril intensivo.....	3
2.4 Ventajas productivas y económicas del sistema silvopastoril intensivo .....	4
2.5 Ventajas ambientales del sistema silvopastoril intensivo.....	5
2.6-Razones para la implementación del sistema silvopastoril intensivo con respecto a los sistemas convencionales .....	5
2.7- Objetivos principales para la implementación del sistema silvopastoril intensivo.....	6
2.8 Establecimiento y manejo del sistema silvopastoril intensivo.....	6
2.9 Costos del establecimiento del sistema silvopastoril intensivo .....	11
2.10- Descripción de <i>Leucaena leucocephala</i> .....	13
2.11- Condiciones idóneas para el establecimiento de <i>Leucaena leucocephala</i> en sistema silvopastoril intensivo .....	14
2.12- Orígenes del enfoque de sistemas.....	15
2.13 Enfoque de sistemas.....	15
2.14 Definición de sistema.....	17
2.15 Estructura y función de los sistemas .....	18
2.16 Sistemas abiertos y cerrados .....	19
2.17 Enfoque reduccionista .....	19
2.18 Concepto de sistema de producción agropecuario.....	20
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
4. OBJETIVOS.....	21
4.1 Objetivo general.....	21
4.2 Objetivos específicos.....	21
5 MATERIAL Y MÉTODOS.....	21
6 ESTUDIO I: .....	23
LA CONTRIBUCIÓN SOCIAL DE LA ADOPCIÓN DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES INTENSIVOS EN TIERRA CALIENTE MICHOACÁN.....	23
Resumen.....	23
Abstract.....	23

Introducción .....	24
Materiales y Métodos .....	27
Resultados y Discusión .....	27
Conclusión .....	32
Literatura citada .....	33
7- ESTUDIO II:.....	36
Elementos que definen una ganadería con sistema silvopastoril intensivo en México.....	36
Resumen.....	36
Abstract .....	36
Introducción .....	37
Materiales y Métodos.....	39
Resultados y Discusión .....	39
Conclusión .....	41
Literatura citada .....	41
8- ESTUDIO III:.....	43
Análisis de tecnologías empleadas en los sistemas ganaderos silvopastoriles intensivos en México y los cambios tecnológicos que podrían mejorar su eficiencia.....	43
Resumen.....	43
Abstract .....	43
Introducción .....	44
Materiales y Métodos.....	45
Resultados y Discusión .....	45
Conclusión .....	48
Literatura citada .....	48
9. DISCUSIÓN GENERAL.....	50
10. CONCLUSIÓN GENERAL .....	51
11. LITERATURA CITADA.....	51

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
Tabla 1. Principales indicadores del sistema silvopastoril intensivo.....	3
Tabla 2: Costo del menú tecnológico para el establecimiento de una hectárea en la modalidad de riego .....	12
Tabla 3: Costo del menú tecnológico para el establecimiento de una hectárea en la modalidad de temporal.....	12
ESTUDIO I:.....	23
LA CONTRIBUCIÓN SOCIAL DE LA ADOPCIÓN DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES INTENSIVOS EN TIERRA CALIENTE MICHOACÁN.....	23
Tabla 1: Medio de difusión del sistema silvopastoril intensivo, año de adopción y áreas establecidas en tierra caliente Michoacán.....	29
Tabla 2: Objetivo de producción de los productores que adoptaron el sistema silvopastoril intensivo.....	29
Tabla 3: Aprovechamiento productivo del sistema silvopastoril intensivo por productor en tierra caliente.....	32
ESTUDIO II:.....	36
Elementos que definen una ganadería con sistema silvopastoril intensivo en México.....	36
FIGURA 1: DIAGRAMA DEL SISTEMA SILVOPASTORIL INTENSIVO EN LA GANADERÍA DEL TRÓPICO.....	40
TABLA 1: Periodicidad de uso y enfoque de las principales tecnologías empleadas en la instalación, operación y objetivo de producción de los sistemas ganaderos silvopastoriles intensivos en el trópico de México. ....	46
Tabla 2: Cambios tecnológicos para mejorar la eficiencia de los sistemas ganaderos silvopastoriles intensivos en el tropico de México.....	47

## 1. INTRODUCCIÓN GENERAL.

La ganadería bovina en México representa una de las principales actividades del sector agropecuario, tanto por la contribución que realiza a la oferta de productos, como por su participación en la balanza comercial del país, ya que genera bienes de consumo, empleo y riqueza en la población (Rubio *et al.*, 2013; Sarabia *et al.*, 2012). En México esta actividad se realiza en más del 50% del territorio nacional, mantiene cerca de 32 millones de cabezas de ganado bovino (Sánchez, 2010); y se desarrolla bajo diferentes contextos agroecológicos, tecnológicos, de sistemas de manejo y objetivos de producción (García, 2011). La ganadería bovina en las regiones tropicales de México se caracteriza por ser de tipo extensivo-tradicional, la alimentación del ganado se sustenta en grandes superficies de pastoreo destinadas a la producción de carne y leche, con baja productividad (Ku-Vera *et al.*, 2012), y con índices de producción generalmente bajos (Román, 1981); con un pobre desarrollo (Medina, 2011), en algunas zonas altamente dependiente de insumos y tecnología, que requiere de una base científica acorde a los recursos, idiosincrasia y necesidades de cada unidad de producción (Palma, 2006).

Los sistemas silvopastoriles intensivos surgen como una opción para la producción ganadera integral y sostenible (González, 2011; Gómez-Bautista *et al.*, 2012; Solorio-Sánchez *et al.*, 2012), por los múltiples beneficios; tanto ambientales, sociales y productivos que estos proveen (González, 2011). A pesar de los beneficios que brindan los sistemas silvopastoriles intensivos no se ha logrado la optimización de la producción, debido principalmente a que no son concebidos como sistemas sino como modelos de producción, por ello su análisis utilizando el enfoque de sistemas puede ser una herramienta que permita concebirlos como tal y diseñar estrategias que permitan mejorar su eficiencia con el uso óptimo de las tecnologías.

En el presente documento se integran una serie de tres estudios que describen el objetivo de producción del sistema silvopastoril intensivo y la contribución social por la adopción de estos sistemas en Tierra Caliente, Michoacán; así como los

elementos esenciales que lo definen como sistema y los elementos que le otorguen identidad propia; analizando a la vez las tecnologías empleadas en el sistema silvopastoril intensivo.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA.**

### **2.1-Antecedentes del sistema silvopastoril intensivo**

Desde el año 2006, en el estado de Michoacán con apoyo del Programa de Investigación y Transferencia de Tecnología de la SAGARPA, a través de la Fundación Produce Michoacán A. C., se inició el establecimiento de los sistemas silvopastoriles intensivos en al menos 10 estados del país, (Tamaulipas, Veracruz, San Luis Potosí, Jalisco, Michoacán, Campeche, Yucatán, Guerrero, Querétaro y Chiapas) con 3,200 hectáreas de sistema silvopastoril intensivo adaptada a las condiciones propias de cada región/estado, con arreglos entre árboles nativos o introducidos, acompañado de arbustivas para ramoneo en alta densidad como la *Leucaena leucocephala* y la presencia de al menos dos pastos más próximos al suelo; para ello el instrumento clave del éxito en la adopción de las 3,200 hectáreas de sistemas silvopastoriles intensivos fue el apoyo por parte de la dirección de ganadería de la SAGARPA con el 50% de los costos del menú tecnológico, así como con la asistencia técnica y la capacitación (Flores y Solorio, 2013).

### **2.2. Conceptos del sistema silvopastoril intensivo**

Los sistemas silvopastoriles intensivos son aquellos sistemas de producción animal que de forma integral incorporan la producción animal junto con la producción de pasturas asociados con especies arbóreas, con el objetivo de incrementar la productividad, calidad de alimentos y la conservación de la biodiversidad (Flores y Solorio, 2011). Estos sistemas son formas de uso de la tierra donde las plantas leñosas perennes, árboles y arbustos interactúan con los componentes tradicionales,

cultivos forrajeros y los animales, bajo un sistema de manejo integral (Bacab *et al.*, 2011; Ramírez *et al.*, 2011); también son una modalidad de los sistemas agroforestales, definidos como una forma de cultivo múltiple en la que se cumplen tres condiciones fundamentales: 1) existen, al menos, dos especies de plantas que interactúan biológicamente, 2) al menos uno de los componentes es una leñosa perenne, y 3) al menos uno de los componentes es una planta manejada con fines agrícolas, que incluye los pastos (Palma, 2005).

El sistema silvopastoril intensivo es un arreglo agroforestal que combina el arreglo agroecológico de arbustos forrajeros en alta densidad (mayor de 80,000 por hectárea) para ramoneo directo del ganado, asociados siempre a pasturas tropicales mejoradas (Flores y Solorio, 2013)

### 2.3-Ventajas generales del sistema silvopastoril intensivo

El sistema silvopastoril intensivo en su conjunto, después de establecido tiene alta calidad nutricional para la producción de carne, leche y crías, sin demandar fertilizantes sintéticos ni herbicidas. Los principales atributos se reflejan en mayor productividad, competitividad, protección del medio ambiente y desarrollo social (Fundación Produce Michoacán A. C., 2011)

**TABLA 1. Principales indicadores del sistema silvopastoril intensivo**

INDICADORES	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMA SILVOPASTORIL INTENSIVO
<b>PRODUCTIVOS</b>		
Producción de leche (litros/día)	3-4	6-9
Ganancia de peso (gramos/día)	200-300	800-1000
Carga animal (UA/ha.)	1-2	2-4
Producción de forraje (t MS/ha/año)	6-10	15-25
Producción de proteína (kg/ha)	360 a 600	2100 a 3500
Fijación de nitrógeno	0	200 a 500

(kg/ha)		
<b>AMBIENTALES</b>		
Captura de C (t/ha)	160	220
Temperatura °C	34-38	30-34
Eficiencia del uso del agua (%)	30	80-90
Materia orgánica (kg/ha)	320	1005
<b>ECONÓMICOS</b>		
Alimentos (kg/animal/día)	5	1-2
Fertilizantes (kg/ha)	1000	0
Herbicidas (litros/ha)	10	2

(Moreno, 2010).

La tabla 1 muestra algunos indicadores obtenidos en distintos sistemas silvopastoriles intensivos y en un sistema convencional. Cabe destacar que los indicadores obtenidos en los sistemas silvopastoriles intensivos sean de carácter productivo, ambiental o económico, son superiores con respecto a los obtenidos en un sistema convencional.

#### **2.4 Ventajas productivas y económicas del sistema silvopastoril intensivo**

El sistema silvopastoril intensivo representa diversas ventajas de carácter productivo y económico, entre las que se destacan:

- Buen crecimiento, tolerancia a la sequía y adaptación al ramoneo o cosecha directa por animales.
- Alta producción de biomasa forrajera de buena calidad que permite alta carga animal por hectárea al año, en zonas de lluvias superiores a 800 mm anuales o con disponibilidad de riego.
- Ofrece buena rentabilidad financiera para pequeños, medianos y grandes productores (tasas internas de retorno –TIR- entre 14% y más de 22%).
- Reduce el estrés calórico significativamente al bajar la temperatura entre 10°C y 14°C durante el periodo seco.

- Se maneja con cercas eléctricas fijas y móviles (cintas o cordeles reduciendo la demanda de madera para postes entre 60% y 90%).
- Duración superior a los 20 años en plena producción (Fundación Produce Michoacán A. C., 2011)

## **2.5 Ventajas ambientales del sistema silvopastoril intensivo**

Los sistemas silvopastoriles intensivos brindan múltiples servicios ambientales entre los que se encuentran:

- Restauración de suelos degradados.
- Conservación de la biodiversidad.
- Mejoramiento de los recursos hídricos.
- Secuestro de carbono y gases de efecto invernadero (Alonso, 2011).

## **2.6-Razones para la implementación del sistema silvopastoril intensivo con respecto a los sistemas convencionales**

El sistema silvopastoril intensivo ofrece distintos beneficios con respecto a los sistemas de producción convencionales, entre los que se encuentran:

- Mayor calidad y cantidad de forraje todo el año.
- Mayor calidad de carne y leche.
- Eficiente reciclaje de nutrimentos.
- Mayor eficiencia del uso del espacio.
- Mejora el confort de los animales.
- Recuperación y reforestación de áreas y pasturas degradadas.
- Menor dependencia de insumos externos.
- Menor liberación de gases de efecto invernadero.
- Mayor productividad y rentabilidad.
- Contribución a la cohesión familiar.

- Uso eficiente de los recursos locales (Flores y Solorio, 2011).

## **2.7- Objetivos principales para la implementación del sistema silvopastoril intensivo**

- Incrementar la disponibilidad y calidad de alimentos.
- Combatir la desertificación y mitigar los efectos de las sequías generando mejores condiciones para la producción animal
- Desarrollar y utilizar fuentes de alimentos locales, como fuentes de energía y proteína no contaminantes; accesibles, económicamente viables, socialmente aceptables y ambientalmente sanos para contribuir al desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza en las áreas rurales (Flores y Solorio, 2011).

## **2.8 Establecimiento y manejo del sistema silvopastoril intensivo**

El sistema silvopastoril intensivo, tanto para su establecimiento como para su manejo, requiere de la aplicación de una serie de pasos, los cuales se describen a continuación:

- Análisis agroecológico del predio.

Se debe tomar una muestra para el análisis de suelos (análisis de fertilidad con variables químicas) y perfil del suelo para determinar si existen capas endurecidas, cómo se encuentra la profundidad de penetración de las raíces, cómo circula el agua y qué actividad de la fauna benéfica del suelo se detecta.

Se requiere que el suelo no tenga limitantes importantes, y que de preferencia se disponga de terrenos planos o ligeramente ondulados, que se ubiquen cerca de carreteras, habitados y con disponibilidad de agua para el abrevadero de los animales.

- Preparación del terreno.

Es indispensable una buena preparación del terreno para establecer el sistema silvopastoril intensivo y que tenga una vida útil de hasta 20 años, para ello se deben de realizar algunas o todas las siguientes acciones, de acuerdo al estado actual del potrero:

- a) Sobrepastoreo del potrero: con el fin de debilitar las gramíneas y las arvenses asociadas (si se va a implantar en una pradera de pastos ya establecida).
- b) Descepado del potrero: se realiza en terrenos que tienen muy compacta su capa superficial.
- c) Preparación del terreno con tractor: se prepara el terreno al final de la época de estiaje, con tractor y arado con cincel o puede realizarse con subsolador profundo. Se deben realizar dos pases, uno a favor de la pendiente y el otro orientado este-oeste. La profundidad mínima de esta labor debe ser de 40 cm. Posteriormente, se realizan de uno a dos pases de rastra.
- d) Trazado del potrero: los surcos se orientarán siempre de oriente a occidente para disminuir la sombra sobre los pastos y facilitar su rebrote. Solo se acepta trazar en diagonal, cuando la pendiente del terreno exige prácticas de conservación o para el riego cuando es por gravedad.
- e) Formación de surcos elevados o caballones: se surca y establecen los caballones (surcos elevados entre 20 y 30 cm, a 1.5 o 1.6 m de distancia en lugares con alta precipitación o fácilmente inundables).
- f) Aplicación de enmiendas al suelo: se realiza sólo si el terreno es ácido con pH inferior a 5.5 (aplicación de cal agrícola, cal dolomítica o calfos) y deficiente en fósforos y otros elementos (magnesio, azufre, zinc y boro), según el análisis de suelo siempre y cuando no haya presencia de aluminio o hierro en cantidades tóxicas, como sucede en suelos clasificados como oxisoles y ultisoles.
  - Preparación de semillas de *Leucaena leucocephala*.

Esta acción involucra tres diferentes labores, las cuales son:

- a) Selección de la semilla *Leucaena leucocephala*: se revisa y se determina el porcentaje de impurezas y se realiza una prueba de germinación cuyo resultado debe ser de aproximadamente del 90%.
  - b) Escarificación de la semilla: se deben sumergir las semillas durante dos o tres minutos en agua a 80 °C el día anterior a la siembra (24 horas). Por ningún motivo la semilla debe guardarse húmeda ya que será atacada por hongos o tendrá problemas para su germinación.
  - c) Inoculación de la semilla con *Rhizobium* y micorrizas específico: permite la nodulación temprana y posterior fijación de nitrógeno atmosférico por parte de la planta, que luego beneficia a los pastos y acorta el tiempo para el primer pastoreo. Se deben aplicar 50 gramos/kilogramo de semilla. La inoculación de semillas con micorrizas ayuda a un buen desarrollo de las raíces, lo que traerá como consecuencia una mayor duración del sistema y un mayor almacenamiento de carbono atmosférico.
- Siembra intensiva de *Leucaena leucocephala*.

La siembra de la *Leucaena leucocephala* puede realizarse de manera mecánica o manual, estas se mencionan a continuación.

- a) Siembra manual: se utilizan de 4 a 8 kilogramos/hectárea de semilla previamente preparada. Se siembran de 30 a 35 semillas por metro lineal de 2 a 3 cm de profundidad y de preferencia el terreno debe estar húmedo.
  - b) Siembra mecanizada: se requieren de 8 kilogramos de semilla/hectárea. La distancia entre surcos oscila entre 1.5 a 1.6 m según la sembradora, para facilitar las labores de mecanización y 10 a 15 centímetros entre plantas. La semilla no debe enterrarse a más de 3 cm de profundidad en suelo húmedo. Para esta operación se puede emplear sembradoras de cereales (sorgo, maíz) ajustando los orificios de salida o con sembradoras de cero labranza.
- Control de malezas, plagas y enfermedades.

Se debe realizar control temprano de las arvenses (malezas), y posteriormente de uno a dos controles con cultivadora antes de la siembra de los pastos. También se

puede aplicar basagrán 480 (nombre comercial) para hoja ancha y coquillo durante los primeros diez días después de la siembra de la *Leucaena leucocephala*.

En condiciones de temporal no se hace control de malezas, ya que éstas protegen a la *Leucaena leucocephala* de la sequedad.

- Valoración de densidad de siembra y resiembra.

Esta actividad consiste en evaluar la emergencia, la densidad de siembra y el crecimiento que están teniendo tanto los pastos como la *Leucaena leucocephala*.

La resiembra consiste en sustituir una planta muerta por otra viva, y se debe de realizar al mes de establecida la parcela o antes cuando se note que alguna de las plantas ya está completamente seca.

- Establecimiento de pastos.

Se aplica un riego que asegure la germinación de la semilla, de no ser así se recomienda la protección con un químico como brigadier (nombre comercial) para que las hormigas no se lleven las semillas.

- Siembra de pastos mejorados: amacollado y estolonífero.

Tres o cuatro semanas (20 a 40 días) posteriores a la siembra de *Leucaena leucocephala*, se siembra el pasto guinea (8 kilogramos/hectárea) con la ayuda de una máquina de voleo manual; se siembra el pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) u otras estoloníferas como el angleton (*Dichanthium aristatum*) y bermuda (*Cynodon dactilón*), con material asexual (estolones) en terreno húmedo, en cantidad de 3 toneladas/hectárea.

- Establecimiento o arreglo topológico de árboles.

En caso de establecer el sistema silvopastoril intensivo en lugares donde ya existen árboles y/o palmas, éstos se deben de cuidar para tratar de que la mayoría permanezcan en el nuevo sistema. En caso necesario, se tendrán que hacer raleos, entresaques y podas de ramas bajas para facilitar las labores mecánicas, si se va a implementar un lugar con árboles. Se debe procurar en lo posible establecer un tercer estrato en densidades de 500 a 600 árboles/hectárea y puede estar constituido

por árboles nativos para sombrío, madera de uso doméstico y/o producción de frutos para la población o el ganado

- Poda de *Leucaena leucocephala*.

La poda de *Leucaena leucocephala* se hace generalmente después del primer aprovechamiento, las ramas se cortan a 30 centímetros del suelo; aunque se recomienda hacer la poda con tijeras o desbrozadora, en superficies de más de 10 hectáreas se puede hacer con maquinaria usando la tradicional desvaradora. En superficies pequeñas se puede lograr una poda bien hecha con un machete bien afilado.

- Riego cada 30 a 40 días.

En condiciones ideales el riego debería de darse cada 15 a 22 días, aunque también depende de las condiciones del lugar, si es un lugar sombreado con muchos árboles, se puede esperar hasta los 30 días.

El riego en época de lluvia no es necesario al menos que existan periodos de sequias muy prolongados.

- Instalación de abrevaderos.

Es absolutamente indispensable la instalación de una red de bebederos para ofrecer agua fresca y de calidad para los animales en todo momento y sin utilizar directamente los cuerpos de agua como ríos, quebradas, humedales y manantiales; para esto se requiere estimar el consumo de agua, calcular la demanda de agua, aforar las fuentes propias o externas de agua, diseñar e implementar redes de conducción de agua hasta las zonas de pastoreo y construir o instalar bebederos fijos o móviles según los grupos de ganado y las rotaciones.

- Diseño de potreros y su manejo con cercas eléctricas.

Es parte indispensable de la planificación y manejo del sistema silvopastoril intensivo; se establecen las divisiones y subdivisiones con cerca eléctrica, con la cual facilita el manejo animal y permite tener mayor eficiencia en el uso de recursos forrajeros y mejores ganancias (carne y leche).

- Evaluación y determinación de carga animal en lluvias y en estiaje.

La medición de la carga animal es una de las actividades más importantes en las producciones ganaderas, por lo que se debe convertir en una práctica rutinaria que determina la capacidad de carga del sistema en todo momento.

- Periodos de ocupación y descanso.

El silvopastoreo se realiza por franjas pequeñas con altas cargas y ocupaciones cortas entre medio día y máximo tres días. El descanso es entre 40 y 45 días según la región y las lluvias.

El primer silvopastoreo se realiza cuando el tallo de la *Leucaena leucocephala* alcanza un metro de altura y los pastos están vigorosos, los pastoreos siguientes se llevan a cabo cada 40 a 45 días y con periodos de ocupación entre medio día y máximo tres días. El primer pastoreo se debe hacer con animales jóvenes para evitar la compactación y desgarres en la *Leucaena leucocephala* (Fundación Produce Michoacán A. C, 2011).

## **2.9 Costos del establecimiento del sistema silvopastoril intensivo**

El costo del menú tecnológico para el establecimiento del sistema silvopastoril intensivo es de \$ 16,600.00 por hectárea, ambas modalidades: riego y temporal (tabla 1 y 2).

La SAGARPA apoya al productor con \$ 6,400.00 que equivale al 38.5% y específicamente para insumos innovativos como semilla de *Leucaena leucocephala* variedad *Cunningham*, dos pastos, biofertilizantes (micorrizas y *Rizobium*) y practicas estratégicas (siembra, control de malezas y plagas).

La aportación del productor corresponde al 61.5% del costo total del menú tecnológico para el resto de las actividades del menú, como son preparación del terreno, siembra y riegos, etc. (Flores y Solorio, 2013).

**TABLA 2: Costo del menú tecnológico para el establecimiento de una hectárea en la modalidad de riego**

Actividad	Costo unitario (\$)	No.	Total (\$)
Subsueleo	700.00	2	1,400.00
Rastreo	400.00	2	800.00
Nivelación	350.00	1	350.00
Semilla de <i>Leucaena leucocephala</i>	220.00	8	1,760.00
Siembra de <i>Leucaena leucocephala</i>	400.00	1	400.00
Limpieza mecánica	400.00	1	400.00
Limpieza manual	2,400.00	1	2,400.00
Herbicidas/desmolezado	630.00	2	1,260.00
Aplicación de herbicidas	350.00	1	350.00
<i>Azospirillum, Rhizobium sp</i> , micorriza	180.00	1	180.00
Semilla de pasto 1	250.00	8	2,000.00
Preparación de terreno siembra de pastos	400.00	1	400.00
Siembra de pasto 1	400.00	1	400.00
Semilla de pasto 2	300.00	4	1,200.00
Siembra de pasto 2	300.00	1	300.00
Riegos	250.00	12	3,000.00
Subtotal actividades del menú tecnológico	7,930.00		16,600.00
Asistencia técnica/capacitación	1,200.00	1	1,200.00
Subtotal con AT del menú tecnológico	9,130.00		17,800.00

(Flores y Solorio, 2013).

**TABLA 3: Costo del menú tecnológico para el establecimiento de una hectárea en la modalidad de temporal**

Actividad	Costo unitario (\$)	No.	Total (\$)
Poda selectiva de especies nativas	700.00	2	1,400.00
Curvas de nivel/terrazas	1,150.00	1	1,150.00

y/o nivelación			
Semilla de <i>Leucaena leucocephala</i>	220.00	8	1,760.00
Siembra de <i>Leucaena leucocephala</i>	1,350.00	1	1,350.00
Limpieza manual	5,600.00	1	5,600.00
Herbicidas/desmalezado	630.00	2	1,260.00
<i>Azospirillum, Rhizobium</i> sp, micorriza	180.00	1	180.00
Semilla de pasto 1	250.00	8	2,000.00
Semilla de pasto 2	300.00	4	1,200.00
Subtotal actividades del menú tecnológico	11,080.00		16,600.00
Asistencia técnica/capacitación	1,200.00	1	1,200.00
Subtotal con AT del menú tecnológico	12,280.00		17,800.00

(Flores y Solorio, 2013).

## 2.10- Descripción de *Leucaena leucocephala*

La *Leucaena leucocephala* es un árbol tropical que desde hace tiempo despertó el interés mundial por sus atributos como recurso forrajero, este es un árbol leguminoso originario de centro América y de la península de Yucatán en México, naturalizándose en la mayor parte de los países tropicales. Es raramente encontrada en zonas que excedan los 500 mm de altitud, requiere 750 mm o más de precipitación anual y persisten bien en periodos secos prolongados. La *Leucaena leucocephala* es muy valiosa como suplemento proteico para el ganado; puede ser ofrecida fresca o seca a distintas especies, además de que se puede producir harina. Es la leguminosa arbórea de uso múltiple más cultivada en los trópicos, ya que se utiliza como forraje, abono verde, leña, madera, sombra para animales y plantas, protección de suelos y sus vainas son empleadas en la alimentación humana que produce un abundante follaje rico en nitrógeno. Las hojas además de un alto contenido de proteína cruda, también lo tienen en caroteno, aminoácidos, calcio y

fósforo; son pobres en sodio y debe compensarse en la dieta de los animales con aportes de sal (Solorio, 2008).

Características forrajeras de la *Leucaena leucocephala*:

- Produce alta ganancia de peso y producción de leche.
- Tiene buen valor nutricional.
- Alta palatabilidad.
- No tiene peligro de empaste en las vacas.
- Tolerancia a sequía.
- Larga vida y de bajo costo
- Mejora la fertilidad del suelo.

La *Leucaena leucocephala* una vez establecida puede durar más de 30 años con bajo costo de mantenimiento. Existen diferentes modalidades de uso de la *Leucaena leucocephala* en producción animal, tanto en corte y acarreo, como también en pastoreo (Pachas, 2011).

La *Leucaena leucocephala* presenta un aminoácido llamado mimosina que al degradarse en el rumen produce compuestos secundarios que actúan sobre la glándula tiroides reduciendo la concentración de T3 y T4 en sangre. Genera disminuciones en el engorde a partir del 3º mes de consumo y luego aparecen signos clínicos como disminución del apetito, pérdida de pelo, fotosensibilidad y trastornos reproductivos. Por tal motivo se inocula los animales con un fluido ruminal que contiene una bacteria específica que tiene la capacidad de transformar la mimosina en subproductos no tóxicos (Di Niro y Naguele, 2007).

#### **2.11- Condiciones idóneas para el establecimiento de *Leucaena leucocephala* en sistema silvopastoril intensivo**

- Regiones tropicales entre los 22° de altitud norte y los 20° de latitud sur.
- Alturas desde el nivel del mar hasta 1.600 metros.

- Temperatura media anual entre 25 °C y 30 °C.
- Suelos de fertilidad media a alta, alcalinos neutros, hasta ligeramente ácidos, sin niveles de alta saturación o toxicidad por aluminio o hierro.
- En terrenos no inundables, si encharcamientos y sin nivel freático elevado.
- Pendientes planas, hasta ligeramente inclinadas.
- Precipitación promedio anual desde 500 hasta más de 3000 mm.
- Brillo solar desde 800 a más de 1500 horas por año (Flores y Solorio, 2013).

## **2.12- Orígenes del enfoque de sistemas**

La aparición del enfoque de sistemas tiene su origen en la incapacidad manifiesta de la ciencia para tratar problemas complejos. El método científico, basado en reduccionismo, repetitividad y refutación, fracasa ante fenómenos muy complejos por varios motivos: el número de variables interactuantes es mayor del que el científico puede controlar, por lo que no es posible realizar verdaderos experimentos; la posibilidad de que factores desconocidos influyan en las observaciones es mucho mayor; como consecuencia, los modelos cuantitativos son muy vulnerables. El problema de la complejidad es especialmente patente en las ciencias sociales, que deben tratar con un gran número de factores humanos, económicos, tecnológicos y naturales fuertemente interconectados (López, 2009).

## **2.13 Enfoque de sistemas**

El enfoque de sistemas abarca los principios de la teoría general de sistemas. Esta proporciona la capacidad de investigación al enfoque de sistemas. En este contexto, los términos enfoque de sistemas y teoría general de sistemas aplicada se usan como sinónimos (Gigch, 2006).

La teoría general de sistemas fue desarrollada por Ludwin Von Bertalanffy, en la década de 1920-1930, y se caracteriza por ser una teoría de principios universales aplicables a los sistemas en general.

Para Bertalanffy los fines principales de la Teoría General de Sistemas son:

- Conducir hacia la integración en la educación científica
- Desarrollar principios unificadores que vayan verticalmente por el universo de las ciencias individuales.
- Centrarse en una teoría general de sistemas.
- Tendencia hacia una integración en las varias ciencias: naturales y sociales.
- Medio importante para aprender hacia la teoría exacta en los campos no físicos de la ciencia (López, 2009).

El enfoque de la teoría de sistemas ha sido aplicado en muy diversas áreas científicas contribuyendo esencialmente a la aparición de fundamentos y de movimientos teóricos en las áreas que han visto ampliados sus estudios con esta teoría universal e interdisciplinaria (Harvey, 1997).

La importancia de la teoría de sistemas radica en que allí, donde el discurso teórico-sistémico ha sido aplicado, los fundamentos y terminología de esta teoría son abordados e interpretados de diferentes maneras, de acuerdo con el objetivo de investigación o del campo científico y tecnológico que buscan en los sistemas un marco teórico (Harvey, 1997).

El enfoque de sistemas es un método de investigación, una forma de pensar, que enfatiza el sistema total, en vez de sistemas componentes, se esfuerza por optimizar la eficacia del sistema total en lugar de mejorar la eficiencia de sistemas cercanos (Johansen, 2004). Es considerado una metodología de sistemas básica, una forma de resolver problemas (McLeod, 2000).

El enfoque de sistemas es considerado como el paradigma que consiste en una forma de pensar y de razonar, en la que se abarca el todo (sistema), sin olvidarse de sus partes (subsistemas) y en el que se consideran las interacciones entre estas

partes, entre las partes y el sistema, y entre el sistema y su medio ambiente. Es una herramienta muy versátil para: entender la complejidad de la agricultura; trabajar en las unidades de producción, con los agricultores; cuantificar relaciones, procesos y flujos y para facilitar la cooperación multidisciplinaria (Waaijberg, 1992).

La teoría general de sistemas a través del análisis de las totalidades y las interacciones internas de estas y las externas con su medio, es, ya en la actualidad, una poderosa herramienta que permite la explicación de los fenómenos que suceden en la realidad y también hace posible la predicción de la conducta futura de la realidad (Latorre, 1996).

En los sistemas de producción animal la meta al emplear el enfoque de sistemas, es entender todo lo posible sobre el funcionamiento de un determinado sistema, con fines de repararlo, copiarlo, compararlo y mejorarlo (Wadsworth, 1997).

## **2.14 Definición de sistema**

El hombre fabrica cosas para posteriormente servirse de ellas en la consecución de sus fines y objetivos. Los griegos emplearon el término *ovotema* para referirse a un conjunto de cosas que ordenadamente relacionadas entre sí contribuían a un determinado fin u objetivo; hoy sigue siendo sistema el término genérico más utilizado para referirnos a aquello que el hombre concibe y fabrica con determinada finalidad (Sols, 2000).

Los nuevos conocimientos científicos y adelantos tecnológicos han modificado en esencia la forma de abordar el estudio de los complejos problemas que se dan en la producción, es así que ya no se piensa en procesos aislados sino, en su conjunto o de sistema (Ortiz *et al.*, 2015).

La concepción sistémica parte de definir un sistema como «un objeto complejo cuyas partes o componentes están relacionados de modo tal que el objeto se comporta en ciertos aspectos como una unidad y no como un mero conjunto de elementos» (Feldman y Weitz, 2001).

Un sistema es un conjunto de elementos que interactúan; en donde el comportamiento de uno de ellos afecta el comportamiento de la totalidad; y la forma como afecta el comportamiento depende de los demás elementos (García, 2002); también es un grupo de componentes que pueden funcionar recíprocamente para lograr un propósito común y son capaces de reaccionar juntos al ser estimulados por influencias externas (Wadsworth, 1997). El sistema no está afectado por sus propios egresos y tiene límites específicos en base de todos los mecanismos de retroalimentación significativos.

La *General Systems Society for Research* define el concepto de sistema como un conjunto de elementos relacionados entre sí, dirigidos hacia un propósito común (López, 2009).

## **2.15 Estructura y función de los sistemas**

El comportamiento de un conjunto completo de componentes está determinado tanto por las características de las partes como por la interacción de las mismas. En el enfoque de sistemas se integran los conocimientos que las diversas ciencias suministran acerca de los componentes de un sistema para conocer el comportamiento del conjunto (Ramakrishna, 1988).

La estructura de un sistema depende de las siguientes características relacionadas con los componentes del sistema:

- El número de componentes de un sistema es simplemente la cantidad de elementos básicos que interactúan para constituir el sistema.
- Tipo de componente: las características de un componente individual pueden tener influencias sobre la estructura de un sistema.
- Aunque el número y tipo de componentes afecta enormemente la estructura de un sistema, el arreglo entre los componentes de un sistema es aún más importante.

La forma cómo actúan los componentes de un sistema, se define en términos de procesos, o sea, como el sistema recibe entradas y como produce las salidas.

Los criterios más importantes que caracterizan este proceso son:

- Productividad
- Eficiencia
- Variabilidad

Las características de la función, como productividad, eficiencia y variabilidad, son un resultado directo de las características de estructura de un sistema. Analizar un sistema no es otra cosa que relacionar la estructura con la función de ese sistema (Hart, 1985).

## **2.16 Sistemas abiertos y cerrados**

Los sistemas pueden considerarse de dos maneras: 1) cerrados o 2) abiertos. Los sistemas abiertos intercambian información, energía, o materiales con su entorno. Los sistemas biológicos y sociales son inherentemente sistemas abiertos; los sistemas mecánicos pueden ser abiertos o cerrados. Los conceptos de sistemas cerrados o abiertos son difíciles de defender en términos absolutos. Se prefiere pensar en abierto-cerrados como dimensión; es decir, los sistemas son relativamente abiertos o relativamente cerrados (Ramíó y Ballart, 1993).

El sistema abierto puede considerarse un modelo de transformación. En una relación dinámica con su entorno, recibe varios inputs, transforma esos inputs en cierta forma, y exporta outputs (Ramíó y Ballart, 1993).

Que un sistema sea abierto significa que establece intercambios permanentes con su ambiente (Arnold y Osorio, 1998).

Un sistema es cerrado cuando ningún elemento de afuera entra (no recibe información, energía, usuarios o materia prima) y ninguno sale fuera del sistema (Arnold y Osorio, 1998) (Kendall y Kendall, 2005).

## **2.17 Enfoque reduccionista**

La teoría reduccionista es un enfoque metodológico fundamentado en la especialización. Es decir, estudia los fenómenos complejos basándose en el análisis de sus partes. Esta teoría se concentra en ir de lo general a lo particular (Hurtado, 2011).

Este enfoque es el medio para obtener explicaciones y conocimiento de las cosas, descomposición o división del sistema en estudio en partes cuyo comportamiento sí pudiera ser explicado. Una de las principales limitaciones del enfoque reduccionista es el considerar como independientes las partes en las que se dividían los sistemas (Sols, 2000).

## **2.18 Concepto de sistema de producción agropecuario**

Es el conjunto estructurado de las producciones vegetales y animales, establecido por un productor (a) para garantizar la reproducción de su unidad de producción, resultado de la combinación de sus fuerzas productivas disponibles en un entorno socioeconómico y ecológico determinado (Granados, 2013).

## **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

El establecimiento y adopción de los sistemas silvopastoriles intensivos en México ha adquirido gran relevancia puesto que año tras año no solo aumenta la cantidad de superficie establecida si no también es mayor el número de productores que lo implementan; estos sistemas cuentan con elementos que le otorgan identidad propia, brindan múltiples beneficios y contribuyen al desarrollo social. Han sido implementados con distintos objetivos productivos, y se han adoptado como modelos de producción con una visión reduccionista y sin un análisis de tecnologías para su optimización.

## **4. OBJETIVOS.**

### **4.1 Objetivo general**

Analizar los sistemas silvopastoriles intensivos con un enfoque sistémico.

### **4.2 Objetivos específicos**

Conocer el objetivo de producción del sistema y su contribución social por la adopción del sistema silvopastoril intensivo de Tierra Caliente, Michoacán.

Identificar si el sistema silvopastoril intensivo cuenta con los elementos esenciales que lo definan como sistema y con los elementos que le otorguen identidad propia.

Realizar un análisis de las tecnologías empleadas en el sistema silvopastoril intensivo.

## **5 MATERIAL Y MÉTODOS.**

El presente estudio se realizó en los municipios de Apatzingán y Tepalcatepec, Michoacán. Apatzingán, se localiza entre los paralelos 18°42' y 19°14' de latitud norte; los meridianos 102°11' y 102°39' de longitud oeste; a una altitud que oscila entre 200 y 2 000 m. Su clima es tropical y seco con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 900.0 milímetros y temperaturas que oscilan entre 18 y 30 grados centígrados. Tepalcatepec, se localiza al oeste del estado de Michoacán, México, en las coordenadas 19°10'19" de latitud norte y 102°55'25" de longitud oeste, a una altura de 320 metros sobre el nivel del mar. Su clima es tropical y seco estepario con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 822.0 milímetros, y temperaturas que oscilan entre 12.0 y 44.5 grados centígrados. (INEGI, 2005).

El presente trabajo se llevó a cabo durante tres etapas, las cuales se describen a continuación:

En la primera etapa se diseñó y realizó una encuesta la cual fue aplicada mediante una entrevista a distintos productores que cuentan con sistema silvopastoril intensivo en los municipios de Apatzingán y Tepalcatepec, Michoacán. En la encuesta fueron abordados distintos aspectos sobre el sistema silvopastoril intensivo, para identificar si su adopción tiene una contribución social.

En la segunda etapa se analizó el funcionamiento del sistema silvopastoril intensivo y se realizaron una serie de visitas y estancias durante ocho meses en las unidades de producción con sistema silvopastoril intensivo, para verificar los elementos que caracterizan un sistema e identificar elementos que le pudieran otorgar identidad propia.

En la tercera etapa se analizó información sobre las tecnologías empleadas en los sistemas ganaderos silvopastoriles intensivos del trópico de México, y se construyeron dos matrices: la primera señala las tecnologías empleadas en la instalación y operación; la segunda indica los cambios tecnológicos a implementar para mejorar la eficiencia.

La información obtenida en las tres etapas se plasmó en tres estudios que se describen a continuación.

## **6 ESTUDIO I:**

# **LA CONTRIBUCIÓN SOCIAL DE LA ADOPCIÓN DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES INTENSIVOS EN TIERRA CALIENTE MICHOACÁN.**

### **Resumen**

El modelo de producción denominado sistema silvopastoril intensivo debe ser evaluado desde las tres perspectivas del desarrollo sostenible: económica, social y medioambiental. En las evaluaciones realizadas la mayor relevancia ha sido al aspecto económico; mientras que la parte medioambiental solo ha sido evaluada como justificación al financiamiento de investigaciones y al aspecto social se le ha restado importancia. El objetivo del presente estudio fue conocer la contribución social por la adopción de los sistemas silvopastoriles intensivos en Tierra Caliente, Michoacán. La información fue proporcionada por productores a través de entrevistas, los datos obtenidos fueron: fuente de difusión del sistema silvopastoril intensivo, año de difusión del modelo productivo, objetivo productivo del sistema silvopastoril intensivo, beneficios percibidos por la adopción del modelo productivo y factores que influyeron en la implementación del sistema silvopastoril intensivo. Desde el año 2006 las organizaciones no gubernamentales han representado un papel importante en la difusión, implementación y adopción de estos sistemas; los sistemas silvopastoriles intensivos han sido implementados con objetivos pecuarios; los productores expresaron que han percibido beneficios por la adopción del modelo productivo; el factor que más influyó en la implementación del sistema silvopastoril intensivo fue la confianza generada de las experiencias y resultados previos en otros productores. La adopción de los sistemas silvopastoriles intensivos aumenta la productividad y rentabilidad de las unidades de producción además de favorecer a la sustentabilidad ambiental y el bienestar social.

### **Abstract**

The production model intensive silvopastoral system must be evaluated from three perspectives of sustainable development: economic, social and environmental. The evaluation has been the most important economic aspect; while the environmental part has only been evaluated as justification to funding research and the social aspect was downplayed. The objective of this study was to know the social contribution through adoption intensive silvopastoral systems in Tierra Caliente, Michoacán. The information was provided by farmers through interviews. The data were diffusion source of the intensive silvopastoral system, year of diffusion the production model, production objective of intensive silvopastoral system, benefits perceived by the adoption of the production model and factors that influenced in implementing the intensive silvopastoral system. Since 2006, NGO have played an important role in the dissemination, implementation and adoption of these productions model. Intensive silvopastoral systems have been implemented with livestock objectives; farmers said they have received benefits by the adoption; the most influential factor in the implementation of the intensive silvopastoral system was the confidence generated from the experiences and previous results in other farmers. The adoption of intensive silvopastoral systems, increase the productivity and profitability of production units in addition to promoting environmental sustainability and social welfare.

## **Introducción**

La adopción de tecnologías es un proceso mental que comienza con el primer conocimiento y termina cuando el individuo incorpora la innovación de que se trate, con el fin de elevar la productividad y la rentabilidad económica de su sistema de producción (Salas *et al.*, 2013). Esta posibilidad constituye un desafío, sobre todo porque la mayoría de los productores desconocen las alternativas tecnológicas que existen para implementarlas en sus unidades de producción (Suárez *et al.*, 2012).

Las tendencias actuales de la producción agropecuaria hacen énfasis en los modelos que tengan un desarrollo armónico entre los aspectos sociales, ambientales y económicos (Murgueitio *et al.*, 2006).

En las regiones tropicales de México predominan los sistemas tradicionales de producción animal doble propósito; éstos se caracterizan por ser principalmente de pastoreo extensivo con monocultivo de gramíneas; los cuales producen bajos rendimientos de forraje y de calidad deficiente (alto contenido de fibra, bajos niveles de nitrógeno y carbohidratos solubles, baja digestibilidad y desequilibrios minerales) sobre todo en la época de estiaje, lo cual afecta el desempeño productivo del ganado; siendo la marcada estacionalidad en la producción y disponibilidad de las pasturas la mayor limitante para este tipo de sistemas (Bacab *et al.*, 2013).

En la búsqueda de estrategias que contribuyan a revertir la problemática anterior se ha diseñado un modelo de producción denominado sistema silvopastoril intensivo, este ha sido establecido y adoptado principalmente en zonas cálidas como tierra caliente Michoacán, México. Es considerado como una alternativa muy promisoría en la producción animal, ya que representa múltiples beneficios productivos, ambientales, sociales y económicos.

Se reconoce que el elemento central en el proceso de toma de decisiones que afectan los procesos productivos agropecuarios lo constituye el productor, su familia y su entorno socioeconómico. La producción y la productividad son consecuencia de las decisiones que involucran la asignación de recursos productivos tales como tierra y mano de obra a diferentes segmentos del proceso de producción. Esto implica que el fenómeno no es exclusivamente biológico, sino más bien, lo biológico se encuentra sujeto a los elementos socioeconómicos (Quijandria y Ruiz, 1991).

Los sistemas silvopastoriles intensivos son una modalidad de los sistemas agroforestales que se caracterizan por la presencia de varios estratos en donde se combina el cultivo agroecológico de arbustos forrajeros en alta densidad (mayor a 10 000/ hectárea) para el ramoneo directo del ganado; empleando pastos tropicales seleccionados asociados a árboles, bajo modelos de pastoreo rotacional intensivo con cerca eléctrica y oferta de agua de abrevadero (Montagnini *et al.*, 2015). El

objetivo social junto con el componente humano no son directamente señalados en las definiciones, sin embargo, puede establecerse que el ser humano es la clave del desarrollo del sistema, y las interacciones positivas, ecológicas y económicas tendrán que resultar en la obtención de un fin social (Gallo, 2006).

En Tierra Caliente Michoacán, este modelo de producción dispone de la asociación de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham, pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*), pasto Tanzania (*Panicum maximum* cv. Tanzania) y algunos tipos de árboles nativos y frutales.

Los sistemas silvopastoriles intensivos representan una serie de beneficios de distinto ámbito, dentro de ellos se pueden citar: mayor producción de forraje, mayor carga animal, mayor producción de leche y carne, mayor captura de carbono, disminución de las emisiones de metano, mejoran la calidad del suelo, contribuyen a mantener la cantidad y calidad de agua; contribuyen al mantenimiento y ordenamiento de la diversidad biológica, disminuyen los costos por alimentación e insumos externos, aumenta la rentabilidad y genera empleos (Solorio *et al.*, 2009; Zuluaga *et al.*, 2009).

La alta inversión de capital al inicio, mayor mano de obra permanente y asistencia técnica son consideradas las mayores limitantes para su adopción, además de sistemas de riego para su óptimo rendimiento y aprovechamiento.

En Tierra Caliente, Michoacán se han realizado una serie de estudios económicos, productivos y ambientales con el fin de evaluar los sistemas silvopastoriles intensivos. Los estudios de carácter ambiental se han realizado únicamente como objeto de investigación, y no con una justificación sustentable, ya que los productores implementan los sistemas silvopastoriles intensivos con fines productivos, no con fines de contribución al medio ambiente. Desde la perspectiva social la adopción de los sistemas silvopastoriles intensivos no ha sido estudiada y se ha justificado en estudios económicos.

Por lo cual el presente estudio tuvo como fin conocer el objetivo de producción del sistema y la contribución social por la adopción de los sistemas silvopastoriles intensivos de Tierra Caliente, Michoacán.

## **Materiales y Métodos**

El presente estudio se realizó en los municipios de Apatzingán y Tepalcatepec, Michoacán. Para la obtención de información se diseñó una encuesta estructurada, y mediante un muestreo dirigido fue aplicada a través de una entrevista a diez productores que adoptaron el sistema silvopastoril intensivo.

Los aspectos abordados en la encuesta sobre el sistema silvopastoril intensivo fueron: antecedentes del sistema, área establecida (inicial y actual), actividad productiva antes de implementar el sistema, objetivo pecuario (inicial y actual), factores que influyeron en la decisión para implementarlo, requerimientos de los sistemas silvopastoriles intensivos, beneficios percibidos por la adopción y diversificación con los sistemas silvopastoriles intensivos.

## **Resultados y Discusión**

### **Adopción del sistema silvopastoril intensivo**

En este estudio se encontró que siete de los diez productores se enteraron de la existencia del sistema por medio de una asociación no gubernamental (FPM) y el resto por otros productores (Tabla 1). Montagnini *et al.*(2015) señala que los sistemas silvopastoriles intensivos son promovidos por alianzas entre gobiernos, organizaciones de productores e instituciones de cooperación; por lo que se puede corroborar el papel primordial que tienen las asociaciones en la difusión de nuevas tecnologías, tal como se observó en la región Tierra Caliente Michoacán.

Los sistemas silvopastoriles intensivos se han establecido poco después de darse por enterados de la existencia del sistema (Tabla 1). Los pioneros lo comenzaron a implementar en el 2006, mientras que el mayor número fueron implementados en los años 2007 y 2008 y el más reciente de los encuestados fue en el 2010 (Tabla 1). Se

encontró una posible relación entre la fecha y área establecida, ya que las primeras unidades de producción en los años 2006 y 2007 establecieron una pequeña área de 8.25 hectáreas en promedio, mientras los que lo realizaron después, establecieron áreas mayores de 20.4 hectáreas en promedio; Clavero y Suárez (2006) mencionan que la difusión de una tecnología en un sector sigue un proceso en el cual existen fundamentalmente dos grupos: el primero, los adoptantes iniciales (pioneros o innovadores), que son los que corren los riesgos inherentes a las nuevas tecnologías; y el segundo, compuesto por el resto de las empresas que adoptan la tecnología cuando ya ha demostrado sus potencialidades, así mismo estos autores señalan: para que el segundo grupo adopte la tecnología es preciso que en el sector haya transparencia, alto grado de información en circulación, de forma tal que se conozcan las experiencias y resultados de los adoptantes iniciales. Esto explica lo observado en Tierra Caliente Michoacán, ya que la experiencia exitosa de los pioneros generó la suficiente confianza para la adopción del sistema silvopastoril intensivo e incluso con una mayor extensión.

Actualmente siete de diez productores han aumentado el área con sistema silvopastoril intensivo (Tabla 1), mientras que el resto no ha tenido posibilidad de crecer por falta de disponibilidad de terreno. La FAO (2003) señala que la maximización del beneficio y satisfacción son factores determinantes para la contribución de una adopción. Por lo tanto este incremento del área con sistema silvopastoril intensivo, lo explica la rápida respuesta percibida por los productores sobre los beneficios y satisfacción que tuvieron a partir de la adopción del sistema silvopastoril intensivo; además de la rápida difusión de resultados obtenidos.

**Tabla 1: Medio de difusión del sistema silvopastoril intensivo, año de adopción y áreas establecidas en tierra caliente Michoacán, México.**

Municipio	Apatzingán					Tepalcatepec				
U. P.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MD	FPM	FPM	FPM	Productor	FPM	Productor	Productor	FPM	FPM	FPM
AD	2009	2005	2008	2008	2008	2006	2008	2007	2007	2008
AA	2010	2006	2009	2008	2009	2007	2008	2007	2007	2008
AIE (Ha).	40	2	20	20	20	5	15	17	9	7
AAE. (Ha).	80	20	42	20	20	100	15	28	30	38

UP (Unidad de producción), MD (Mecanismo de difusión), AD (Año de difusión), AA (Año de adopción), AIE (Área inicial establecida), AAE (Área actual establecida), Ha (Hectáreas), FPM (Fundación Produce, Michoacán. A.C).

### Objetivo de los productores al adoptar el sistema silvopastoril intensivo

Los diez productores adoptaron el sistema silvopastoril intensivo con fines pecuarios (60% producción de leche, 20% producción de carne, 10% doble propósito y 10% pie de cría). Se encontró una relación entre la actividad productiva que realizaban y el objetivo al adoptar el sistema silvopastoril intensivo (Tabla 2).

**Tabla 2: Objetivo de producción de los productores que adoptaron el sistema silvopastoril intensivo.**

Municipio	Apatzingán					Tepalcatepec				
U.P.	Ejido los ollos	Uricho	Tinajas	Aviador	Cebolla	Huarinches	Once ganaderos	Sandoval	Santa Cruz	Tejones
A.P.A.	Agricultura	Agricultura y ganadería	Agricultura	Agricultura y ganadería	Ganadería	Ganadería	Ganadería	Ganadería	Agricultura y ganadería	Comercio
OI	Came	Doble propósito	Came	Leche	Leche	Leche	Leche	Leche	Leche	Pie de cría
OA	Came	Doble propósito	Doble propósito	Leche	Leche	Leche	Leche	Leche	Leche	Leche

UP (Unidad de producción), APA (Actividad productiva anterior), OI (Objetivo inicial), OA (Objetivo actual).

La mayoría de las unidades de producción han permanecido con el mismo objetivo pecuario y solo dos lo han modificado a producción de leche y a doble propósito ya que la venta diaria de leche permite a los productores la ventaja de obtener ingresos constantes y de ahí solventar algunos gastos del sistema.

### **Factores que influyeron en la decisión de implementar el sistema silvopastoril intensivo**

El factor que más influyó en la decisión de los productores para implementar el sistema fue la confianza después de conocer y observar los resultados y beneficios que brinda el sistema silvopastoril intensivo; además de la recomendación de productor a productor.

Los productores expresaron que parte de los insumos para el establecimiento del sistema silvopastoril intensivo fueron subsidiados por una ONG, sin embargo aseguraron que esto no fue un factor decisivo para la implementación del sistema silvopastoril intensivo. Sain *et al.* (1995) señala que a veces el incentivo puede hacer menos probable que una práctica se mantenga en el futuro, porque el productor puede asociar la práctica con la adquisición de incentivos y no entender el valor que tiene en sí misma. Se pudo observar que los resultados y beneficios son tan evidentes y tangibles que la implementación del sistema silvopastoril intensivo no dependió de un incentivo, por el contrario los productores realizaron una inversión.

### **Requerimientos de los sistemas silvopastoriles intensivos:**

El sistema silvopastoril intensivo para su establecimiento requiere alta inversión de capital, asesoría técnica y mayor mano de obra asalariada; la inversión realizada se comienza a recuperar en un lapso de seis a nueve meses después de establecido el sistema cuando se realiza el primer aprovechamiento del mismo, la asesoría técnica muchas de las veces es proporcionada por las ONG que promueven la implementación de los sistemas silvopastoriles intensivos y en ocasiones es prestada por productores locales con experiencia y conocimiento sobre el establecimiento y

manejo de estos sistemas, el costo de mano de obra se paga con los ingresos provenientes de la venta de productos del sistema silvopastoril intensivo (leche y carne) y contribuyen a la generación de empleos como un beneficio social en la localidad. Las unidades de producción adoptantes de los sistemas silvopastoriles intensivos ejercen de manera indirecta la responsabilidad social ya que estos contribuyen a la preservación del medio ambiente y a la producción de alimentos inocuos y de calidad para consumo humano, todo ello impacta en el bienestar social.

### **Beneficios percibidos con la adopción del sistema silvopastoril intensivo**

Todos los productores expresaron observar un incremento en la producción de leche y carne, mayor carga animal, reducción de los costos por alimentación del ganado como principales beneficios. Todo esto fue mencionado por Montagnini *et al.* (2015), además de la reducción de los costos de producción, con un aumento en la carga animal (hasta cuatro veces superior frente al pastoreo extensivo) y en consecuencia la producción por hectárea por año. Otro de los factores que contribuyen a la reducción de los costos, es por el menor uso de maquinaria agrícola, ya que únicamente se requiere de tractor y pocos implementos agrícolas por única vez en la implementación del sistema silvopastoril intensivo. Esto representa una gran ventaja para los productores ya que disminuyen los costos de operación y de mantenimiento de la maquinaria agrícola que generalmente son muy altos.

Por último los productores mencionaron que la rentabilidad es otro de los beneficios percibidos al conservar los sistemas silvopastoriles intensivos, esto coincide con Gonzáles (2013), quien en un estudio para evaluar la rentabilidad de los sistemas silvopastoriles intensivos encontró que esta es mayor comparado con sistemas de producción extensivos a base de monocultivos en la región.

### **Diversificación con los sistemas silvopastoriles intensivos**

La adopción del sistema silvopastoril intensivo permite a los productores obtener ingresos adicionales por la venta de fruta y semilla de *Leucaena leucocephala*, por lo tanto los sistemas silvopastoriles intensivos son sistemas diversificados que ofrecen

estabilidad a la economía del productor; lo que representa una ventaja expresada en la tranquilidad del productor porque puede aspirar a nuevos satisfactores y generar empleos eventuales por estas actividades; además el sistema silvopastoril intensivo permite dedicarse a otros trabajos. Se encontró que solo dos productores se dedican de tiempo completo al manejo del sistema y los ocho productores restantes lo atienden de manera parcial (Tabla 3).

Pezo e Ibrahim (1998) señalan que estos sistemas constituyen un mecanismo para diversificar las empresas pecuarias e intensificar el uso del recurso suelo, sin detrimento de su potencial productivo a largo plazo.

**Tabla 3: Aprovechamiento productivo del sistema silvopastoril intensivo por productor en tierra caliente, Michoacán.**

Municipio	Apatzingán					Tepalcatepec				
UP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A sspi	Carne y semilla de Leucaena	Leche, ganado y fruta	Leche, ganado y semilla de Leucaena	Leche, ganado y fruta	Leche y ganado	Leche, ganado y semilla de Leucaena	Leche, ganado y semilla de Leucaena	Leche y ganado	Leche y ganado	Leche y ganado
Tiempo dedicado al sspi	Parcial	Completo	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	Completo	Parcial	Parcial

UP (Unidad de producción), A (Aprovechamiento), sspi (Sistema silvopastoril intensivo).

Es evidente la contribución social que representa la adopción de los sistemas silvopastoriles intensivos; sin embargo los productores y las instituciones siguen promoviéndola por los beneficios productivos que brindan como son, la elevada disponibilidad de forraje, disminución de costos por alimentación del ganado, vida útil del sistema una vez establecido de hasta 20 años (Moreno, 2010), y la rentabilidad.

## Conclusión

La adopción del sistema silvopastoril intensivo aumentó rápidamente, debido a la confianza del productor hacia el sistema y no a factores externos como estímulos económicos que muchas veces influyen en los programas de adopción; los sistemas silvopastoriles intensivos constituyen una alternativa productiva que contribuye a

reducir los impactos negativos en la producción animal ocasionados por la marcada estacionalidad y la baja disponibilidad de forraje; los sistemas silvopastoriles intensivos ofrecen múltiples oportunidades como aumento en la productividad, rentabilidad y la obtención de productos de calidad. Esto favorece a la sustentabilidad ambiental y al bienestar social de los productores y sus familias, considerándose los sistemas silvopastoriles intensivos un modelo productivo responsable con la sociedad, que contribuye a la sostenibilidad y competitividad a largo plazo.

### **Literatura citada**

Salas, J.; León, J.A.; Sagarnaga, L. M. y Zavala, M. J. 2013. Adopción de tecnologías por productores beneficiarios del programa de estímulos a la productividad ganadera en México. *Revista Mexicana de Ciencia Pecuaria*: 243-254.

Suarez, H.; Aranda, G. y Palma, J. 2012. Propuesta para la adopción de tecnología en el sistema bovino de doble propósito. *Avances en Investigación Agropecuaria*: 83-91.

Murgueitio, E.; Pineda, C.; Ibrahim, M.; Gobbi, J.; Cuartas, C.; Naranjo, J.; Zapata, A.; Mejía, C.; Zuloaga, A. y Casasola, F. 2006. Adopción de sistemas agroforestales pecuarios. *Pastos y Forrajes*. 29(4): 365-381.

Bacab, H.; Madera, N.; Solorio, F.; Vera, F. y Marrufo, D. 2013. Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 17(3): 67-82.

Quijandría, B. y Ruiz, M. E. 1990. Aspectos Metodológicos del análisis social en el enfoque de sistemas de producción. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Cajamarca, Perú.

Montagnini, F.; Somarriba, E.; Murgueitio, E.; Fassola, H. y Eibil, B. 2015. Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Serie técnica. Informe técnico/CATIE. No 402. Turrialba, Costa Rica. 62.

Gallo, L. 2006. Sistemas silvopastoriles. *Revista del Plan Agropecuario*: 30-35.

Solorio, F.; Bacab, H.; Castillo, J.; Ramírez, L. y Casanova, F. 2009. Potencial de los sistemas silvopastoriles en México. Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos. Morelia y Tepalcatepec, Michoacán, Mexico. p 21-30.

Zuluaga, A. F.; Giraldo, C. y Chará, J. 2009. Servicios ambientales que proveen los sistemas silvopastoriles y los beneficios para la biodiversidad. Manual 4, Proyecto Ganadería. Bogotá, Colombia. p. 36.

Fernández, R. 2009. Responsabilidad Social Corporativa.: Ed. Club Universitario. San Vicente (Alicante), España.

INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Clave geoestadística 16006. Apatzingán, Michoacán, 2009. [En línea] <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/16/16006.pdf>. [Consulta: 10 septiembre, 2015].

Clavero, T. y Suarez, T. 2006. Limitaciones en la adopción de los sistemas silvopastoriles en Latinoamérica. Pastos y Forrajes. 29(3): 1-6.

Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2003. Los aspectos económicos de la agricultura de conservación. Ed. FAO. Roma.

Saín, G.; Miranda, B.; Rivera, J. y Choto de Cerna, C. 1995. Taller de productividad y conservación de los recursos en la agricultura de laderas. Centro Internacional de Mejoramiento Maíz y Trigo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San Salvador, el Salvador.

González, J. 2013. Costos y beneficios de un sistema silvopastoril intensivo (sspi), con base en *Leucaena leucocephala* (Estudio de caso en el municipio de Tepalcatepec, Michoacán, México). Avances en Investigación Agropecuaria. 17(3): 35-50.

Pezo, D. y Ibrahim, M. 1998. Sistemas silvopastoriles: módulo de enseñanza agroforestal No 2. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Turrialba, Costa Rica.

Moreno, 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.



## **7- ESTUDIO II:**

### **Elementos que definen una ganadería con sistema silvopastoril intensivo en México.**

#### **Resumen**

En México el modelo de producción silvopastoril intensivo es una alternativa que involucra el suelo, plantas y animales, con la finalidad de mejorar la eficiencia de la ganadería. Este modelo de producción es considerado intensivo por la alta producción de biomasa forrajera por m<sup>2</sup> y alta carga animal en pastoreo rotacional. Esta alternativa ha sido adoptada en México, y ha sido llamada sistema silvopastoril intensivo. Este modelo de producción puede ser considerado como un sistema si posee los elementos esenciales que lo constituyen: a) componentes: suelo-planta-animal, b) delimitación, c) interacción entre componentes, y d) objetivo; además de los elementos que le proveen una identidad de sistema silvopastoril intensivo. Para ello, los elementos esenciales que componen un sistema fueron identificados, y si estos son utilizados para definirlo. Mediante visitas y estancias a las unidades de producción, se verificó si estos elementos están presentes en este modelo de producción. Finalmente se analizó el funcionamiento del modelo de producción para identificar si existen elementos que pudieran otorgarle identidad como sistema silvopastoril intensivo. Este modelo de producción dentro de la ganadería de México puede ser definido como sistema silvopastoril intensivo; puesto que este posee los elementos esenciales que constituyen un sistema, además de los componentes: factor humano y adopción de tecnologías que interactúan entre ellos y los otros componentes del sistema.

#### **Abstract**

In Mexico the model of production intensive silvopastoral is an alternative that involves the soil, plants and animals, with the finality of livestock efficient. This production model is considered intensive by high production of forage biomass per m<sup>2</sup> and high stocking in rotational grazing. This alternative has been adopted in Mexico, and has been called system intensive silvopastoral. This production model can be considered as a system if possesses the essential elements that constitute: a) components: soil-plant-animal, b) frontiers c) interaction between components, and d) purpose; beside the elements that provide an identity of system intensive silvopastoral. For there, the essential elements that compose a system were identified, and if these are used to define it. Trough visits and stays to the production units, was verified if these elements are present in these production model. Finally was analyzed the functioning of the production model to identify whether exist elements that could grant identity as system intensive silvopastoral. This production model within Mexico livestock can be defined as system intensive silvopastoral; because it possesses the essential elements that constitute a system, beside the components: human factor and adoption of technologies that interacting between them and the others components of the system.

## Introducción

México posee una diversidad de suelos, topografías y climas, de las cuales derivan las distintas zonas ganaderas (López *et. al.*, 2014). En la ganadería del trópico se encuentran aproximadamente el 31.5% de los bovinos del país. El ganado es destinado a la producción de leche y carne, en sistemas de pastoreo extensivo, donde predominan genotipos de los grupos raciales *Bos indicus* y sus cruzamientos con el *Bos taurus*. Se estima que en el trópico se produce aproximadamente el 45% de la producción de leche y más del 50% de la producción de carne de los totales nacionales (Román, 1981; Chávez, 2009). Una de las mayores limitantes para la ganadería del trópico es el efecto de la estacionalidad sobre la producción, disponibilidad, rendimiento y calidad de los forrajes (contenido de fibra, niveles de nitrógeno y carbohidratos solubles, digestibilidad y equilibrio de minerales),

observándose este efecto de manera negativa en la época de estiaje, afectando el desempeño productivo del ganado (Bacab *et al.*, 2013; Livas, 2014). Ante esta limitante, se han adoptado diversas estrategias, entre las que se encuentran: complementación alimenticia, elaboración de ensilaje y henificación de forraje; tratamiento de esquimos agrícolas, uso de bloques multinutricionales, aplicación de anabólicos y promotores de crecimiento, o bien modelos alternativos de producción (bancos energéticos y proteicos) (Bustamante, 2004 y SAGARPA, 2014). Una estrategia que se ha diseñado y adoptado en la ganadería del trópico en México, es un modelo productivo denominado sistema silvopastoril intensivo, el cual proporciona alta disponibilidad y calidad de forraje. Este modelo de producción se fundamenta en la asociación suelo-planta-animal: a) suelos arcillosos, profundos, con distinto grado de fertilidad; b) plantas leguminosas perennes de altos rendimientos, alta calidad nutricional con alto suministro de nitrógeno atmosférico al suelo (Rojas, *et. al.* 2005; Villanueva, 2004), siendo la *Leucaena leucocephala* la que caracteriza este modelo de producción, y pastos tropicales mejorados con alto potencial de producción de biomasa y resistencia al pisoteo animales con alta adaptabilidad a las condiciones del trópico, con buenos rendimientos de leche y carne. Este modelo de producción es considerado intensivo por la densidad de *Leucaena leucocephala* (80,000-90,000 hectárea) (Moreno, 2010), su manejo consiste en uso de cerco eléctrico, podas de *Leucaena leucocephala*, control de maleza, sistemas de riego, oferta de agua en bebederos móviles y pastoreo rotacional (Montagnini *et al.*, 2015). Este modelo de producción no ha sido concebido como sistema, sino percibido desde un enfoque reduccionista, a pesar de poseer los elementos que podrían definirlo como tal. Los elementos que definen un sistema son: componentes y su interacción entre ellos, objetivos (s) y fronteras definidas (Feldman y Weitz, 2001; Wadsworth, 1997). Si se concibe como sistema podría comprenderse su funcionamiento (Wadsworth, 1997), mejorar su eficiencia, y otorgarle una identidad que lo distinga por sí mismo. Por lo tanto se pretende identificar los elementos que definan al sistema silvopastoril intensivo en el trópico en México.

## **Materiales y Métodos**

En revisión de estudios previos, visitas y estancias de modelos de producción llamados sistema silvopastoril intensivo del trópico mexicano se verificó la existencia de los elementos que caracterizan un sistema: componentes, interacciones, objetivos y fronteras. Se analizó su funcionamiento para identificar si existen elementos que pudieran otorgarle identidad propia como sistema silvopastoril intensivo.

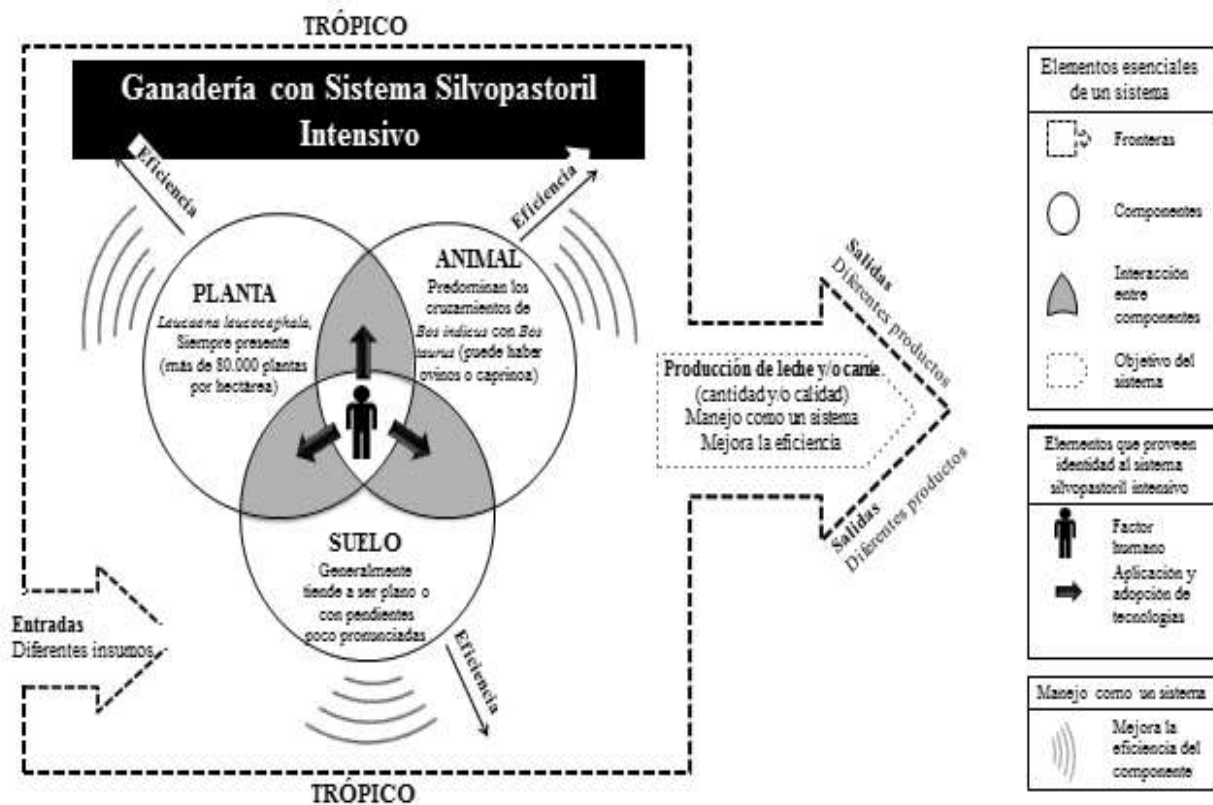
## **Resultados y Discusión**

En los modelos de producción llamados sistema silvopastoril intensivo del trópico mexicano se encontró que los componentes esenciales suelo-planta-animal presentan una alta y sólida interacción entre ellos, la topografía de los suelos generalmente tiende a ser plana con declives no muy pronunciados, la *Leucaena leucocephala* (componente imprescindible) y los pastos siempre se observaron en altas densidades, predominaron los cruzamientos *Bos indicus* con *Bos taurus* y en algunos casos únicamente de un solo grupo racial (*Bos taurus* con menor adaptabilidad) o la presencia de otras especies (ovinos y caprinos). Se identificaron diversos objetivos entre los que se encuentran producción de leche, carne y doble propósito, y en ovinos o caprinos únicamente la producción de carne. Las fronteras corresponden al perímetro de los potreros delimitadas por cercos de alambre de púas, cercos vivos, caminos, topografía, entre otras; considerándose como la misma unidad de producción las áreas aledañas que pertenecen al mismo propietario (cuando el manejo y el fin es el mismo). La presencia de estos cuatro elementos (componentes, interacciones, objetivos y fronteras) permite definir al modelo de producción como un sistema.

En la búsqueda de características que otorguen identidad propia a este sistema se identificaron dos elementos que de manera constante lo integran: el factor humano y la tecnología adoptada. Estos dos elementos se pueden encontrar presentes en cualquier modelo de producción, implementados para mejorar la eficiencia de cualquiera de sus componentes; pero cuando estos dos elementos son orientados a mejorar la eficiencia del objetivo, implementándolos en las interacciones de sus componentes (característico en los sistemas silvopastoriles intensivos), se mejora de

manera integral el funcionamiento y rendimiento como un sistema. Por lo tanto el factor humano y adopción de tecnologías aplicadas en las interacciones, se pueden adoptar como los elementos indispensables que le otorgan la identidad de sistema silvopastoril intensivo.

El diagrama de la figura 1 describe como está compuesto el sistema silvopastoril intensivo, por los cuatro elementos que definen un sistema: sus tres componentes esenciales (suelo-planta-animal), interacciones entre estos, objetivos y fronteras bien definidas. Además de los dos componentes (factor humano y tecnologías) que distinguen al sistema por sí mismo.



**Figura 1: Diagrama del sistema silvopastoril intensivo en la ganadería del trópico**

## Conclusión

Los sistemas silvopastoriles intensivos deben ser concebidos como tales, puesto que cuentan con los elementos esenciales de todo sistema, además de la identidad propia que le otorga el factor humano y la adopción de tecnologías aplicadas en las interacciones de sus componentes para mejorar sus objetivos.

## Literatura citada

López, N.; Villegas, Y.; Jerez, M. P.; Carrillo, J. C.; Rodríguez, G. y Ramírez, H. J. 2014. Caracterización de sistemas de producción bovina, caso: Guivicia Santa María Petapa, Oaxaca. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. 1(2): 94-105.

Chávez, A. 2009. Caracterización fisicoquímica de músculos del cuarto delantero en tres grupos genéticos diferentes (*Bos indicus*, *Bos taurus* y cruza comerciales) de bovinos mexicanos. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. D.F., México

Román, H. 1981. Potencial de producción de los bovinos en el trópico de México. *Ciencia Veterinaria*. 3: 394-40.

Bacab, H. M.; Madera, N. B.; Solorio, F. J.; Vera, F. y Marrufo, D. F. 2013. Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 7(3): 68-69.

Livas, F. 2014. Estrategias de alimentación para ganado bovino en regiones tropicales. XXXVIII Congreso Nacional de Buiatría. Villahermosa, Tabasco, México. [En línea] <http://bmeditores.mx/estrategias-alimentacion-para-ganado-bovino-en-las-regiones-tropicales/> [Consulta: 12 febrero, 2016].

Bustamante, J.J. 2004. Estrategias de alimentación para la ganadería bovina en Nayarit. Folleto para productores Número 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Nayarit, México. 5-73.

SAGARPA. 2014. Producción sostenida de ganado bovino de carne en el Altiplano Norte-Centro de México. Folleto para productores Número MX-0-310490-

06-03-17-10-64.40-41. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. San Luis Potosí, México.

Rojas, S.; Pérez, J. O.; Guillén, R. J. y Castro, E. H. 2005. Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. Revista electrónica de Veterinaria. 6(1): 5-8.

Villanueva, J. F. 2004. Establecimiento y manejo de praderas irrigadas tropicales. Folleto para productores. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias: Nayarit, México. 13.

Moreno, 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.

Montagnini, F.; Somarriba, E.; Murgueitio, E; Fassola, H. y Eibil, B. 2015. Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Series técnicas. Reporte técnico/CATIE. No 402. Turrialba, Costa Rica. 62.

Feldman, S. R. y Weitz, D. A. 2001. Ventajas y limitaciones de los enfoques reduccionista y sistémico en el aprendizaje de biología. Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería. 2(3): 28.

Wadsworth, J. 1997. Análisis de sistemas de producción animal. Tomo 1: Las bases conceptuales. Ed. FAO. Roma, Italia. p. 29.

## **8- ESTUDIO III:**

### **Análisis de tecnologías empleadas en los sistemas ganaderos silvopastoriles intensivos en México y los cambios tecnológicos que podrían mejorar su eficiencia**

#### **Resumen**

El sistema ganadero silvopastoril intensivo del trópico en México se caracteriza por la alta y constante interacción entre sus componentes. Un elemento esencial es el factor humano, no solo como mano de obra, sino como tomador de decisiones (eje central del sistema). Para la construcción del sistema se requiere de la introducción de componentes e insumos, entre las que destacan las tecnologías como componente que determina el grado de eficiencia del sistema. Por lo que se identificaron las tecnologías utilizadas en el sistema silvopastoril intensivo y se clasificaron por etapa de uso (instalación y operación), periodicidad (única vez, temporal o constantemente), objetivo de producción (leche y/o carne) y por enfoque (reduccionista o sistémico). Se realizó el análisis de información de los sistemas ganaderos silvopastoriles intensivos, donde se encontró que las principales tecnologías que se adoptan son pertinentes para los objetivos productivos, sin embargo su uso se limita a la instalación y eventualmente a la operación del sistema y son implementadas con un enfoque reduccionista. Se sugieren cambios tecnológicos que puedan mejorar la eficiencia productiva; por lo que se requiere que su uso y periodicidad sea constante y aplicadas con un enfoque sistémico para mejorar la eficiencia de estos sistemas.

#### **Abstract**

The livestock system intensive silvopastoral of the tropical in Mexico is characterized by high and constant interaction between its components. An essential element is the human factor, not only as manpower, but as decision maker (central axis of the

system). For the construction of the system is required of the introduction of components and inputs, among which stand technologies as a component that determines the degree of efficiency of the system. Were identified the technologies used in the system intensive silvopastoral and classified by stage of use (installation and operation), periodicity (once, eventual or constantly) production objective (milk and / or meat) and by approach (reductionist or systemic). Was performed an analysis of information of the systems livestock intensive silvopastoral, where it was found that the main technologies that are adopted are pertinent for the production objectives, however its use is limited to the installation and eventually to the operation of the system and are implemented with a reductionist approach. Are suggested technological changes that could improve the productive efficiency; so it is required that its use and periodicity is constant and are applied with a systemic approach to improving the efficiency of these systems.

## **Introducción**

El sistema silvopastoril intensivo es inducido, diseñado y adoptado con el fin de aumentar la producción, calidad y disponibilidad de forraje para el ganado (Bacab *et al.*, 2013). En México se ha establecido en zonas tropicales. Se caracteriza por la alta y constante interacción e interdependencia entre sus componentes. La construcción de estos sistemas inicia a partir de un componente preexistente “el suelo” y un insumo constante y disponible todo el año “energía solar” (Palma, 2005). Una vez definida la frontera y definido el objetivo del sistema, se ingresan los componentes planta y animal que interactúan entre ellos y con el componente suelo. Los componentes planta y animales generalmente se introducen al sistema por una sola ocasión (al momento de instalación), aunque dependiendo del objetivo pueden seguirse introduciendo eventualmente. El factor humano se integra como insumo constante de mano de obra, pero también como eje central (tomador de decisiones); y completa el sistema introduciendo las tecnologías que son las herramientas, productos, técnicas, métodos, procesos y la capacidad cognitiva de los individuos que intervienen (Ortiz *et al.*, 2015) y que determinan el grado de eficiencia del sistema. El uso de tecnologías de gran importancia, así como el dominio de los

aspectos biológicos (Ortiz *et al.*, 2015) es variable, algunas de ellas utilizadas solo una vez, otras de manera temporal o constantemente, con enfoque diferente (reduccionista o sistémico); sin embargo, no existen análisis que describan cuales son las tecnologías empleadas en estos y que cambios tecnológicos se podrían implementar para mejorar su eficiencia. Por lo que se analizarán las tecnologías empleadas en la instalación, operación y objetivo de producción, la periodicidad de uso y enfoque, para proponer cambios tecnológicos que mejoren la eficiencia del sistema.

### **Materiales y Métodos**

Se analizó información para conocer las tecnologías empleadas en los sistemas ganaderos silvopastoriles intensivos del trópico de México. Se construyó una matriz que clasifica las tecnologías empleadas para la instalación, operación y mejoramiento del sistema, la periodicidad con que se usan, enfoque reduccionista o sistémico, y por objetivo de producción; se generó una segunda matriz que señala los cambios tecnológicos a implementar para mejorar la eficiencia.

### **Resultados y Discusión**

Las principales tecnologías que se adoptan en el sistema ganadero silvopastoril en el trópico mexicano son en general pertinentes para los diferentes objetivos de productivos, sin embargo su uso se limita a la instalación y eventualmente a la operación del sistema. Aunque algunas de estas tecnologías mejoran la eficiencia del sistema, son implementadas con un enfoque reduccionista (Tabla 1).

**Tabla 1: Periodicidad de uso y enfoque de las principales tecnologías empleadas en la instalación, operación y objetivo de producción de los sistemas ganaderos silvopastoriles intensivos en el trópico de México.**

TECNOLOGÍAS	USO			PERIODICIDAD			ENFOQUE		OBJETIVO PRODUCTIVO		
	Instalación	Operación	Mejorar eficiencia	Única	Eventual	Constante	Reduccionis ta	Sistémica	Leche	Carne	Leche y Carne
Análisis de suelo	*		*	*			*		*	*	*
Preparación del terreno	*			*			*		*	*	*
Control del pH de suelo	*		*	*			*		*	*	*
Fertilización de suelo	*		*	*			*		*	*	*
Prueba de germinación, escarificación e inoculación con micorrizas y <i>Rhizobium</i> de <i>Leucaena leucocephala</i> .	*		*	*			*		*	*	*
Siembra de <i>Leucaena leucocephala</i>	*			*				*	*	*	*
Valoración de densidad de siembra y resiembra de <i>Leucaena leucocephala</i>	*		*		*		*		*	*	*
Preparación de semilla de pastos	*			*			*		*	*	*
Siembra de pastos	*			*			*		*	*	*
Instalación de abrevaderos		*	*			*	*		*	*	*
Evaluación y determinación de carga animal		*	*		*			*	*	*	*
Determinación de periodos de ocupación y descanso		*	*		*		*		*	*	*
Control de maleza	*	*			*		*		*	*	*
Identificación animal		*		*			*			*	
Inseminación artificial		*			*		*		*	*	
Complementación alimenticia		*				*	*		*	*	
Ordeño mecánico		*				*	*		*		*
Poda de <i>Leucaena leucocephala</i>		*	*		*			*	*	*	*
Riego	*	*	*			*	*		*	*	*
Buenas prácticas de ordeño		*			*		*		*		*
Vacunación, desparasitación, y suplementación vitamínica y mineral		*			*		*		*	*	*
Diseño de potreros (divisiones y subdivisiones).		*	*	*			*		*	*	*

(Fundación Produce Michoacán A. C., 2011; Reyes, 2014; Sólório y Sólório, 2008; González y Alcaraz, 2013; Gómez *et al.*, 2012; Osmín *et al.*, 2009 y Ramírez *et al.*, 2011).

**Tabla 2: Cambios tecnológicos para mejorar la eficiencia de los sistemas ganaderos silvopastoriles intensivos en el trópico de México.**

TECNOLOGÍAS	USO			PERIODICIDAD			ENFOQUE		OBJETIVO PRODUCTIVO		
	Instalación	Operación	Mejorar eficiencia	Única	Eventual	Constante	Reduccionista	Sistémica	Leche	Carne	Leche y Carne
Análisis de suelo	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>
Preparación del terreno	* <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>			* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>
Control del pH de suelo	*		*	* <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>
Fertilización de suelo	* <input type="checkbox"/>		* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>
Siembra de <i>Leucaena leucocephala</i>	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>
Valoración de densidad de siembra y resiembra de <i>Leucaena leucocephala</i>	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>		* <input type="checkbox"/>		* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>
Preparación de semilla de pastos	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>
Siembra de pastos	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>
Instalación de abrevaderos		* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>			* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>
Evaluación y determinación de carga animal	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>		* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>
Determinación de periodos de ocupación y descanso		* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>		* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>
Control de maleza	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>
Inseminación artificial		* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>
Complementación alimenticia		* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ordeño mecánico		* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>		* <input type="checkbox"/>		* <input type="checkbox"/>
Riego	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>
Buenas prácticas de ordeño		* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>		*
Vacunación, desparasitación, y suplementación vitamínica y mineral		* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		* <input type="checkbox"/>		* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>
Diseño de potreros (divisiones y subdivisiones).	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		* <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>	* <input type="checkbox"/>

() Indica el uso, periodicidad y enfoque que debe mantenerse y adoptarse para mejorar la eficiencia productiva del sistema ganadero silvopastoril intensivo.

() Indica cambio que debe realizarse y modificar a ()

Por lo tanto se requiere que el uso y periodicidad de las tecnologías sea constante durante la operación del sistema y aplicadas a mejorar su eficiencia con un enfoque sistémico (Tabla 2).

## Conclusión

Los sistemas ganaderos silvopastoriles intensivos utilizan las tecnologías para su instalación y algunas de ellas son adoptadas para su operación, las cuales son empleadas eventualmente y con un enfoque reduccionista. Se requiere cambiar a un enfoque sistémico y ampliar su uso de manera constante para la operación del sistema y mejorar la eficiencia del objetivo productivo.

## Literatura citada

Bacab, H. M.; Madera, N. B.; Solorio, F. J.; Vera, F. y Marrufo, D. F. 2013. Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical. *Avances en Investigación Agrícola*. 7 (3): 68-69.

Palma, J. M. 2005. Los árboles en la ganadería del trópico seco. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 9 (1): 3.

Ortiz, R.; Pérez, R. E.; Juárez, A. y Gómez, B. 2015. Teoría de sistemas en la producción animal. Ed. Morevalladolid, Morelia, Michoacán, México. p. 44-49.

Fundación Produce Michoacán, A. C. 2011. Manual para el establecimiento y manejo del sistema silvopastoril intensivo. Ed. Laser Comunicación Gráfica. Morelia, Michoacán, México. p. 10-35.

Reyes, J. E. 2014. Avances del proyecto sobre manejo agroforestal en Sinaloa: *Leucaena leucocephala*. Fundación Produce Sinaloa, A.C. Sinaloa, México. [En línea] <http://www.fps.org.mx/portal/index.php/notas/1519-avances-del-proyecto-sobre-manejo-agroforestal-en-sinaloa-leucaena> [Consulta: 20 marzo, 2016].

Sólorio, F y Sólorio, B. 2008. Manual de manejo agronómico de *Leucaena leucocephala*. Fundación Produce Michoacán, A. C. Morelia, Michoacán, México. p. 4-24.

González, J y Alcaraz, J. 2013. Cultivo y costos de un sistema silvopastoril intensivo a base de gramíneas y *Leucaena leucocephala*. Estudio de caso en Tepalcatepec, Michoacán, México. 8 (15): 277-292.

Gómez, G.; Ruiz, F.; Rivera, F.; Morales, S.; Benítez, A.; Martínez, D. R.; Arroyo, M.; Santamaría, K. y Ibarra, C. 2012. Una experiencia exitosa en el establecimiento de un sistema silvopastoril intensivo en Úrsulo Galván, Veracruz, México. IV Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos en la Ganadería con Ciencia. Morelia y Valle de Apatzingán/Tepalcatepec, Michoacán, México. p. 65-73.

Osmín, O.; Rodríguez, R.; González, J. H.; Castañeda, A.; Zarate, G. y Zavala, E. 2009. Sistemas silvopastoriles intensivos, experiencia en la Huasteca Potosina. II Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos. Morelia y Tepalcatepec, Michoacán, Mexico. p. 141-145.

Ramírez, L.; Solório, F. J.; Castillo, J. B. y Casanova, F. 2011. Estrategias para mejorar el establecimiento de *Leucaena leucocephala* (LAM) de WIT. III Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos para la Ganadería Sostenible del Siglo XXI. Morelia y Tepalcatepec, Michoacán, México. p. 229-236.

## 9. DISCUSIÓN GENERAL

A pesar de que los sistemas silvopastoriles intensivos constituyen una alternativa productiva por los múltiples beneficios ambientales y económicos que brindan, no se había realizado un análisis integral en el que se incluyera además de estos aspectos, el social; ya que la adopción del sistema silvopastoril intensivo contribuye a la mejora del desarrollo social (bienestar social) mediante la generación de empleos temporales y constantes, además de la satisfacción que los productores perciben al disponer de altas cantidades de forraje y de ofrecer al cliente productos naturales e inocuos; y no solo el beneficio que ofrece el recurso forrajero y la solvencia económica proporcionada por la adopción del sistema.

El análisis realizado permitió encontrar que los sistemas silvopastoriles intensivos si son verdaderamente sistemas; a pesar de las tantas y diversas referencias que lo nombran como sistema, sin embargo lo siguen concibiendo como modelo de producción, ya que analizan temas tan específicos como: producción de forraje, comportamiento ingestivo del ganado, calidad de leche y carne bovina, captura de carbono y rentabilidad del sistema, entre otros.

Los sistemas silvopastoriles intensivos a pesar de percibirlos como hasta ahora siguen creciendo y permaneciendo, sin embargo pueden representar un área de oportunidad mayor a lo que están haciéndolo, por el gran potencial que representan.

Este análisis también permitió identificar que las tecnologías forman parte del sistema, y la importancia que representa el factor humano en su funcionamiento.

Hay una gran oportunidad de mejorar el sistema, adoptando las tecnologías que son usadas en su establecimiento y que su uso continuo en otros modelos de producción han permitido mejorar la eficiencia del sistema.

El enfoque sistémico permite percibir al sistema como un todo y analizar de manera integral su funcionamiento.

## 10. CONCLUSIÓN GENERAL

El sistema silvopastoril intensivo si es un sistema, contiene una contribución social, y la visión sistémica permite que las innovaciones tecnológicas empleadas para la implementación del sistema puedan usarse para mejorar su eficiencia.

## 11. LITERATURA CITADA

Rubio, M. S.; Braña, D.; Méndez, R. D. y Delgado, E. 2013. Sistemas de producción y calidad de carne bovina. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal (Folleto técnico). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. (28): 4-6.

Sarabia-Salgado, L.; Echeverría-García, S. y Solorio-Sánchez F. J. 2012. Establecimiento de sistemas silvopastoriles intensivos en condiciones de riego y temporal en los estados de Tierra Caliente de Michoacán y Guerrero. IV Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos. Morelia y Valle de Apatzingán/Tepalcatepec, Michoacán, México. p. 279.

Sánchez, A. 2010. Parámetros reproductivos de bovinos en regiones tropicales de México (Tesis de Licenciatura). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana. Veracruz, Veracruz, México.

García, D. V. 2011. Evaluación productiva y de calidad forrajera de 12 colectas de *Lotus corniculatus* L. y su posible utilización en regiones templadas del estado de Puebla (Tesis de Licenciatura). Colegio de postgraduados. Campus Puebla. Puebla, Puebla, México.

Ku-Vera, J. C.; Ayala-Burgos, A.; Ramírez-Avilés, L.; Aguilar-Pérez, C. y Solorio-Sánchez, F. J. 2012. Retos de las instituciones académicas y de investigación para formar los recursos humanos que requieren los sistemas ganaderos de México. IV Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos. Morelia y Valle de Apatzingán/Tepalcatepec, Michoacán, México. p. 45-46.

Román, H. 1981. Potencial de producción de los bovinos en el trópico de México. *Ciencia Veterinaria*. 3: 398-399.

Medina, R. 2011. El desarrollo rural del trópico mexicano. Instituto Mexicano de tecnología del agua. Jiutepec, Morelos, México. p. 12.

Palma, J. M. 2006. Los sistemas silvopastoriles en el trópico seco mexicano. *Archivo Latinoamericano de Producción Animal*, 14 (3): 95.

González, R. A.; Val, D.; Tzintzun, R.; Tena, M. J. y Palma, J. M. 2011. Análisis y evaluación de los sistemas de ganado bovino en la región del bajo balsas, Michoacán: propuesta hacia un modelo de desarrollo sustentable (Tesis de Maestría). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México.

Gómez-Bautista, C.; Ruiz-León, F.; Rivera-López, F.; Morales-Lagunés, S.; Benítez-Montiel, A.; Martínez-Torres, D. R.; Arroyo-Víctor, M.; Santamaría-Delgado, K. y Ibarra-Pérez, C. 2012. Una experiencia exitosa en el establecimiento de un sistema silvopastoril intensivo en Úrsulo Galván, Veracruz, México. IV Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos. Morelia y Valle de Apatzingán/Tepalcatepec, Michoacán, México. p. 45-46.

Solorio-Sánchez, B.; Flores-Estrada, M. X. y Solorio-Sánchez, F. J. 2012. Estrategia de prioridad nacional en el establecimiento, manejo y aprovechamiento de los sistemas silvopastoriles intensivos en México. IV Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos. Morelia y Valle de Apatzingán/Tepalcatepec, Michoacán, México. p. 231-232.

Flores, M. X. y Solorio, B. 2013. Desarrollo y fomento de los sistemas silvopastoriles intensivos como alternativa alimenticia para la producción de carne y leche en las regiones tropicales de México. Segunda Etapa del Proyecto Estratégico

de Prioridad Nacional. Fundación Produce Michoacán A. C. Morelia, Michoacán, México. p. 46-65.

Flores, M. X. y Solorio, B. 2011. Establecimiento de sistemas silvopastoriles intensivos para la producción de leche y carne en el trópico de México. Primera Etapa del Proyecto Estratégico de Prioridad Nacional. Fundación Produce Michoacán A. C. Morelia, Michoacán, México. p. 3.

Bacab, H. M.; Madera, N. B.; Solorio, F. J.; Vera, F. y Marrufo, D. F. 2011. Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical. Avances en Investigación Agropecuaria, 17(3): 70-71.

Ramírez, L.; López, L.; Petit, J. y Ku, J. C. 2011. Producción ovina en sistemas agroforestales en el trópico. Sistemas de Producción Bioagrocencias, 4(1): 35.

Palma, J. 2005. Los árboles en la ganadería del trópico seco. Avances en Investigación Agropecuaria. 9(1): 2.

Fundación Produce Michoacán A. C. 2011. Manual para el establecimiento y manejo del sistema silvopastoril intensivo. Programa Estratégico de Prioridad Nacional: Fomento y Desarrollo de los Sistemas Silvopastoriles Intensivos para la Ganadería Sostenible del Trópico de México. Morelia, Michoacán, México. p. 10-40.

Moreno, 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:12.

Alonso, J. 2011. Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 45(2). pp. 107-115.

Solorio, B. 2008. Taller curso teórico práctico: forrajes y sistemas silvopastoriles en la producción animal tropical. Proyecto Estratégico de Transferencia de Tecnología, Modelo de Consenso Silvopastoril Intensivo. Fundación Produce Michoacán A. C. Morelia, Michoacán, México. p. 42-46.

Pachas, N. 2011. *Leucaena*, un arbolito que se las trae. Sitio Argentino de Producción Animal. 19(238): 20-24. [En línea] [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_megatermicas/159-leucaena.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/159-leucaena.pdf). [Consulta: 06 marzo, 2015].

Di Niro, M y Naguele, A. 2007. *Leucaena leucocephala*. Sitio Argentino de Producción Animal: 1-2. [En línea] [En línea] [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_megatermicas/159-leucaena.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/159-leucaena.pdf). [Consulta: 25 marzo, 2015].

Gigch, J. P. 2006. Teoría general de sistemas. Ed. Trillas, México.

López, A. M. 2009. Una estrategia de intervención para mejorar los servicios médicos en una institución de salud: el caso de una institución pública. (Tesis de licenciatura). Facultad de ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Harvey, M. 1997. Una aplicación de la teoría de sistemas al desarrollo de productos. Revista Universidad Eafit. Colombia: 1-25.

Johansen, O. 2013. Introducción a la teoría general de sistemas. Ed. Limusa, México.

McLeod, Jr. 2000. *Sistemas de Información Gerencial*. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S. A, Estado de México.

Waijenberg, H. 1992. El enfoque de sistemas: Algunos conceptos y aplicaciones en la zona atlántica de Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 10-20.

Latorre, E. 1996. Teoría general de sistemas: Aplicada a la solución integral de problemas. Ed. Universidad del Valle, Santiago de Calí, Colombia.

Wadsworth, J. 1997. Análisis de sistemas de producción animal. Tomo 1: Las bases conceptuales. Ed. FAO, Roma, Italia. 29.

Ortiz, R.; Pérez, R. E.; Juárez, A. y Gómez, B. 2015. Teoría de sistemas en la producción animal. Ed. Morevalladolid, Morelia, Michoacán, México. p. 14.

Feldman, S. R., y Weitz, D. A. 2001. Ventajas y limitaciones de los enfoques reduccionistas y sistémico en el aprendizaje de biología. Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería. 2(3): 27-31.

García, G. 2002. La ergonomía desde la visión sistémica. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá, Colombia.

Ramakrishna, B. 1988. Programa Cooperativo de investigación agrícola para la subregión Andina. IV Seminario: Sistemas de Producción en Papa, Manejo de Plagas y Enfermedades. Pasto, Colombia.

Hart, D. 1985. Conceptos básicos sobre agrosistemas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

Ramió, C y Ballart, X. 1993. Lecturas de teoría de la organización. Ministerio para las administraciones públicas. Madrid, España.

Arnold, M y Osorio, F. 1998. Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas. Cinta de Moebio. Departamento de Antropología. Universidad de Chile. Chile. [En línea]

<http://www.cintademoebio.uchile.cl/index.php/CDM/article/viewFile/26455/27748>.

[Consulta: agosto, 2015].

Kendall, E y Kendall, E. 2005. *Análisis y diseño de sistemas*. Ed. Pearson Educación. México.

Hurtado, D. 2011. *Teoría general de sistemas. Un enfoque hacia la ingeniería de sistemas*. (2ª ed.). Colombia.

Granados, L. 2013. Sistemas de producción agropecuaria. Curso de Metodologías de Diagnóstico y Capacitación Rural.

INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Clave geoestadística 16006. Apatzingán, Michoacán, 2009. [En línea]<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/16/16006.pdf>.

[Consulta: 10 septiembre, 2015].