

Evaluación de unidades ganaderas e índice de desarrollo de sistemas silvopastoriles en el municipio de Mezcalapa, Chiapas

Assessment of Livestock Units and Development Index of Silvopastoral Systems in Mezcalapa, Chiapas

Rubén Manuel Zepeda Cancino^{1*}

José Nahed Toral²

María Eugenia Velasco Zebadúa³

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco km. 36.5 Montecillo, Texcoco, Estado de México, CP 56230.

²Grupo de agroecología. El Colegio de la Frontera Sur, Periférico Sur s/n, Barrio María Auxiliadora San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, CP 29290.

³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Chiapas Rancho San Francisco Km 8, Carretera Ejido Emiliano Zapata Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, CP 29050

*Autor de correspondencia: zepeda.ruben@colpos.mx

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar a las unidades ganaderas (UGs) con un índice de desarrollo de sistemas silvopastoriles en el municipio de Mezcalapa en el estado de Chiapas, México. Se aplicó un cuestionario a 23 productores. La caracterización se realizó a través de un índice de desarrollo de sistemas silvopastoriles (IDESSP) a partir de los siguientes indicadores: superficie sembrada de SSPm, metros lineales de cerco vivo/ha y superficie de pastizal con árboles y arbustos dispersos/vaca/ha. Las UGs se agruparon en tres conglomerados, con base en el IDESSP en alto, medio y bajo. El porcentaje del IDESSP mostró diferencias significativas en los tres conglomerados ($P \leq 0.05$). De las UGs, 100% de la muestra tienen pastizal con árboles y arbustos dispersos (PAAD) y cercas vivas; 100, 22 y 20% de las UGs con alto, medio y bajo IDESSP, respec-

Abstract

The main objective of this study was to assessment livestock units (UGs) with a development index of silvopastoral systems in Mezcalapa, Chiapas, Mexico. A questionnaire was applied to 23 producers. The characterization was carried out through the development index of silvopastoral systems (IDESSP), which was generated from the following indicators: area sown with ISPS, linear meters of live fences per hectare, and grassland area with scattered trees and shrubs per cow. The LUs were grouped into three clusters, based on the IDESSP: high, medium and low. The results of the IDESSP showed significant differences between the three clusters ($P \leq 0.05$). 100% of the LUs in the sample have grassland with scattered trees and shrubs and live fences. 100, 22 and 20% of the LUs with high, medium and low IDESSP, respectively, established pastures with fodder

tivamente, establecieron pasturas con árboles forrajeros en callejones con baja densidad de siembra (PAFC). Las arbóreas forrajeras *Gliricidia sepium* y *Erythrina sp* se encuentran presentes en la mayoría de las modalidades silvopastoriles identificadas. Las UGs con alto IDESSP tienen la mayor superficie de tierra ($P \leq 0.05$), tamaño del hato e ingreso económico por la venta de becerros y leche. El PAAD (SSPt) es el tipo de uso de suelo con la mayor superficie de terreno que cualquier otro en la zona de estudio. Entre los SSPm, el PAFC fue el que tuvo la mayor superficie sembrada y se presentó en por lo menos dos unidades ganaderas en cada uno de los conglomerados del IDESSP. La superficie de tierra de las unidades ganaderas de la zona de estudio están cubiertas casi en su totalidad por varias modalidades silvopastoriles tradicionales, donde se detectaron especies arbóreas endémicas con alto valor forrajero, que pueden ser integradas a modalidades silvopastoriles mejoradas para un óptimo aprovechamiento de los recursos locales.

Palabras clave

Árboles forrajeros, cercas vivas, bovinos, leche, sistema de producción.

trees in low planting density alleys. The forage trees *Gliricidia sepium* and *Erythrina sp* are present in most of the silvopastoral modalities identified. The LUs with high IDESSP have the largest land area ($P \leq 0.05$), herd size and the highest economic income, derived from the sale of calves and milk. The grassland with scattered trees and shrubs (TSPS) is the type of land use with the largest extent in the study area. Among the ISPS, the pastures with fodder trees in low planting density alleys was the one with the largest planted area, and it was present in at least two livestock units in each of the IDESSP clusters. The study area is almost entirely covered by traditional silvopastoral modalities where endemic high-forage value tree species that can be integrated into improved silvopastoral modalities were detected.

Keywords

Forage trees, live fences, cattle, milk, and production system.

Introducción

La ganadería bovina de doble propósito es uno de los sistemas ganaderos con mayor presencia en México (INEGI, 2014); aporta al país 19.5 y 50.0% de la producción de leche y carne, respectivamente, y se concentra principalmente en los estados de Veracruz, Tabasco y Chiapas (Arce *et al.*, 2017). La alimentación del ganado bovino que se basa en un sistema de pastoreo extensivo (Orantes *et al.*, 2014) utiliza pastos mejorados o nativos con mínima suplementación (principalmente con subproductos agroindustriales y esquilmos agrícolas) durante la época de seca (González-Rebeles *et al.*, 2015; Magaña *et al.*, 2006). Este tipo de manejo extensivo trae, más que beneficios, empobrecimiento al sector ganadero por los bajos rendimientos que se obtienen en la producción de leche y carne, y por el deterioro de los recursos naturales con la deforestación, erosión del suelo y pérdida de biodiversidad (Espinosa *et al.*, 2015; Valdivieso *et al.*, 2019). Además, contribuye en buena parte a la emisión de gases de efecto invernadero que causan el cambio climático (Grossi *et al.*, 2019; Gerber *et al.*, 2013). Ante este escenario, la ganadería re-

sulta insostenible y se encuentra en un entorno vulnerable frente a los impactos del mismo cambio climático, como son las sequías intensas e inundaciones (Gallardo *et al.*, 2019).

Una alternativa viable en busca de una ganadería con mejores rendimientos y sostenible es la adopción de sistemas silvopastoriles (SSP), que se basan en la interacción de plantas leñosas perennes (árboles o arbustos), leguminosas herbáceas y pastos, en diferentes arreglos y estratos, para la alimentación del ganado bovino (Chara *et al.*, 2019); además, proporcionan sombra que funciona como regulador del estrés calórico en los animales (Nahed *et al.*, 2013a). Las principales modalidades de los SSP son árboles dispersos en praderas, pastoreo en plantaciones forestales, pastoreo en plantaciones de árboles frutales, cortinas rompevientos, cercas vivas, bancos de proteína y pasturas con árboles forrajeros en callejones en diferentes densidades. En Latinoamérica, investigaciones en SSP han demostrado resultados positivos para el sistema ganadero; por ejemplo, en México y Colombia, con la adopción de SSP intensivos (una variante de pasturas con árboles forrajeros en callejones), se incrementó el rendimiento de forraje por hectárea (en un rango de 175 a 733%), lo que mejoró la producción de leche y carne de las unidades ganaderas de estudio (Chara *et al.*, 2019). Así también, en general, los SSP ofrecen beneficios ambientales como son reforestación, mitigación de gases de efecto invernadero (Alayón *et al.*, 2016), disminución de la erosión del suelo, conservación de la biodiversidad (flora y fauna) (Murgueitio *et al.*, 2006) y fijación de nitrógeno (Nahed *et al.*, 2013b).

Actualmente, los SSP se pueden diferenciar en dos grupos: tradicionales, que son especies arbóreas endémicas que se desarrollan de manera deliberada y empírica por la población local y de donde se obtienen múltiples beneficios (sombra, madera, forraje, leña y consumo humano); y mejorados, los cuales se estudian y evalúan en centros de investigación mediante técnicas especializadas (densidad de siembra, momentos de poda y cosecha de follaje de las arbóreas forrajeras) para su posterior transferencia a unidades ganaderas, por ejemplo, los bancos de proteína y los SSP intensivos (Fuentealba y González, 2016).

El sureste mexicano se caracteriza por tener áreas con gran diversidad de especies arbóreas endémicas, muchas de ellas con potencial forrajero utilizadas en modalidades silvopastoriles tradicionales (acahuales, cercas vivas o pastizales con árboles dispersos) en los sistemas ganaderos de doble propósito (Bautista *et al.*, 2011; Martínez *et al.*, 2013; Villa *et al.*, 2009). En la región de Mezcalapa, Chiapas, algunos ganaderos adoptaron SSPm debido a la intervención de instituciones académicas y gubernamentales con proyectos de investigación, con el propósito de obtener la certificación orgánica en la producción de leche (Nahed *et al.*, 2012a). El objetivo de este estudio fue evaluar a las unidades ganaderas (UGs) con un índice de desarrollo de silvopastoriles en dicha región.

Metodología

Área de estudio

El estudio se realizó de julio a noviembre de 2013 en el municipio de Mezcalapa, que se sitúa en la región III Mezcalapa del estado de Chiapas. La zona de estudio se ubica en las coordenadas geográficas 17° 08" de latitud norte y 93° 18" de longitud oeste a 136

msnm. Registra un clima cálido húmedo con lluvias todo el año, una precipitación media anual de entre 800 y 1 200 mm y una temperatura promedio anual de 24 a 26 °C. El tipo de suelo que predomina en el municipio es el Luvisol (CEIEG, 2020).

Diseño de la investigación

El estudio fue de tipo observacional, exploratorio y transversal. Al inicio del estudio se estableció un convenio de colaboración con la Sociedad de Producción Rural (SPR) Grupo Malpaso, integrada por 103 productores. Se utilizó la técnica de bola de nieve (Goodman, 1961) con la finalidad de identificar a productores que adoptaron SSPm en sus unidades ganaderas (UGs). Se identificaron 11 UGs con SSPm (10% de los productores de la SPR Grupo Malpaso). Con base en lo anterior, mediante criterio de juicio se decidió incluir al menos un número similar de UGs sólo con SSP tradicionales (SSPt). Finalmente, se incluyeron 12 UGs con SSPt pertenecientes a productores que decidieron colaborar en el estudio.

Se aplicó un cuestionario a los 23 productores participantes en el estudio, que contempló cuatro secciones: 1) características de los sistemas silvopastoriles mejorados y tradicionales; 2) tipos de uso del suelo; 3) características técnico-productivas y 4) producción, precios e ingresos de las unidades ganaderas. Para contabilizar e identificar las especies arbóreas dentro de las zonas de pastoreo, se realizaron recorridos de media hectárea con tres repeticiones en todas las unidades ganaderas, en pastizales con árboles y arbustos dispersos, ya que es una modalidad silvopastoril presente en todas las UGs.

Índice de desarrollo de sistemas silvopastoriles

El índice de desarrollo de sistemas silvopastoriles (IDESSP), en el presente estudio, se desarrolló mediante la combinación de indicadores relacionados con la cobertura de las modalidades silvopastoriles identificadas (mejorada y tradicional) sobre la superficie de las UGs de la muestra. El IDESSP se derivó de los siguientes indicadores: superficie de pastizal con árboles y arbustos dispersos (PAAD) por vaca (ha), superficie de SSPm (ha) y metros lineales de cerco vivo/ha. Se obtuvieron y sumaron los valores promedios de los tres indicadores para luego convertirlos a porcentaje, a partir del método del punto ideal (Munda, 1984), se tomó como referencia el valor máximo.

Análisis estadístico de la información

Los valores promedio de los tres indicadores que generaron el IDESSP fueron examinados mediante análisis de conglomerados de k-medias con el paquete estadístico SPSS. El análisis agrupó a las UGs con mayor similitud, identificándose tres conglomerados: alto, medio y bajo. A todas las variables se les aplicó la prueba de Shapiro Wilk para corroborar su normalidad (Grimm y Wozniak, 1990). Los indicadores con distribución normal se examinaron mediante análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias entre conglomerados. Los indicadores que mostraron diferencia significativa en la prueba de ANOVA se sometieron a contrastes *a posteriori* (comparaciones múltiples) mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$), con la finalidad de identificar diferencias es-

pecíficas entre conglomerados; a los indicadores que no presentaron distribución normal se les aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para identificar diferencias entre conglomerados. El análisis estadístico de los datos se realizó en el programa Statical Package for the Social Sciences (SPSS) (Mehta y Patel, 2011).

Resultados

Índice de desarrollo de sistemas silvopastoriles

El porcentaje promedio más alto del IDESSP (80%) se debe a que en estas UGs se estableció mayor superficie de SSPm, además de tener también mayor superficie de tierra con presencia de SSPt (pastizal con árboles y arbustos dispersos y cercas vivas); por otra parte, las de menores porcentajes del IDESSP se debe a que no tienen o tienen menor superficie de SSPm. El análisis de conglomerados ayudó a clasificar a las 23 UGs, con base en el IDESSP, en alto, medio y bajo, donde se agruparon cuatro, nueve y 10 UGs, respectivamente. En el cuadro 1 se observa que en los tres conglomerados se encontraron diferencias significativas en el porcentaje del IDESSP ($P \leq 0.001$); así también los tres indicadores utilizados para la generación del IDESSP presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$). Cabe señalar que en los tres conglomerados del IDESSP hay superficie con SSPm.

Cuadro 1

Porcentaje del índice de desarrollo de sistemas silvopastoriles (IDESSP) y valores promedio (\pm desviación estándar) de los indicadores que lo conforman en unidades ganaderas (UGs=n) de Mezcalapa, Chiapas

Indicador	Conglomerado			Valor de p
	Alto	Medio	Bajo	
n=	(4)	(9)	(10)	
IDESSP promedio (%)	80.8 \pm 6.6 ^a	53.2 \pm 6.2 ^b	37.7 \pm 8.9 ^c	0.001*
Superficie de pastizal con árboles y arbustos dispersos por vaca (ha)	1.2 \pm 0.2 ^a	0.7 \pm 0.2 ^b	0.8 \pm 0.2 ^b	0.021*
Superficie de SSP mejorado (ha)	9.0 \pm 5.5 ^a	1.3 \pm 1.7 ^b	0.6 \pm 1.2 ^b	0.003**
Metros lineales de cerco vivo/ha	295.5 \pm 95.7 ^a	198.1 \pm 109.6 ^{ab}	123.0 \pm 51.0 ^b	0.014**

*Prueba de Tukey: ^{a,b,c} letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

**Prueba de Kruskal Wallis: ^{a,b} letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Características de los sistemas silvopastoriles tradicionales y mejorados

Durante los recorridos en las UGs se identificaron tres modalidades de SSPt: cercas vivas, pastizal con árboles y arbustos dispersos (PAAD) y acahuales; y tres modalidades de SSPm: pastura con árboles forrajeros en callejones con baja (PAFC) y alta densidad de siembra (SSPi) y bancos de proteína (BP). En el cuadro 2 se describen las principales características y usos de cada una de las modalidades silvopastoriles identificadas.

Cuadro 2

Modalidades silvopastoriles tradicionales y mejoradas identificadas en las unidades ganaderas

SSP	Modalidad	Características y usos
Tradicional	Cerca viva	Especies arbóreas nativas utilizadas de manera tradicional para delimitar zonas de pastoreo y límites de las UGs y para la obtención de postes y forraje.
	Pastizal con árboles y arbustos dispersos (PAAD)	Presencia de árboles y arbustos dentro de las zonas de pastoreo bajo un arreglo y distanciamiento irregular que se utilizan para sombra, madera, leña, forraje y frutales.
	Achual	Parches de vegetación madura y secundaria que sirven para leña, madera, sombra y forraje.
Mejorado	Pastura con árboles forrajeros en callejones con baja densidad de siembra (PAFC)	Establecimiento de una especie arbórea forrajera con baja densidad de siembra en asociación con una gramínea para la alimentación animal.
	Pasturas con árboles forrajeros en callejones con alta densidad de siembra (SSPi)	Establecimiento de una especie arbórea forrajera con alta densidad de siembra en asociación con una gramínea para la alimentación animal.
	Banco de proteína (BP)	Establecimiento de una especie arbórea forrajera para corte y acarreo para la alimentación animal.

En el cuadro 3 se observan las superficies de las distintas modalidades silvopastoriles mejoradas y tradicionales identificadas en la zona de estudio. Las UGs con alto IDESSP tienen las mayores superficies establecidas de SSPm y SSPt, sólo se encontraron diferencias significativas en el PAFC y bancos de proteína ($P < 0.05$). La modalidad silvopastoril tradicional de PAAD es la que ocupa la mayor superficie de todas las modalidades silvopastoriles presentes en las UGs de los tres conglomerados del IDESSP.

Cuadro 3

Valores promedio (\pm desviación estándar) de las superficies de las modalidades silvopastoriles mejoradas y tradicionales en las unidades ganaderas (UGs = n)

	Variable	Conglomerado			Valor de p
		Alto	Medio	Bajo	
n =		(4)	(9)	(10)	
SSPm	Superficie de pastura con árboles forrajeros en callejones con baja densidad de siembra (PAFC) (ha)	7.0 \pm 6.9 ^a	0.6 \pm 1.2 ^b	0.6 \pm 1.2 ^b	0.005
	Superficie de pastura con árboles forrajeros en callejones con alta densidad de siembra (SSPi) (ha)	1.7 \pm 3.5	0.6 \pm 1.6	0.0 \pm 0.0	0.272
	Superficie de bancos de proteína (ha)	0.25 \pm 0.2 ^a	0.0 \pm 0.0 ^b	0.0 \pm 0.0 ^b	0.005
SSPt	Superficie del pastizal con árboles y arbustos dispersos (PAAD) (ha)	58.2 \pm 18.0	29.8 \pm 10.8	31.2 \pm 21.7	0.060
	Superficie de acahual (ha)	5.0 \pm 8.1	1.3 \pm 2.6	2.6 \pm 3.8	0.596

Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis: ^{a,b} letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

De las UGs, 100% de los tres conglomerados (alto, medio y bajo) del IDESSP cuentan con modalidades silvopastoriles tradicionales de PAAD y cercas vivas. Cabe señalar que se identificaron 25 especies arbóreas dentro de los PAAD (cuadro 4) de la zona de estudio con una densidad promedio de 27 árboles por hectárea. Las cercas vivas se conforman principalmente por *Gliricidia sepium* y *Erythrina* sp. Con respecto a los acahuales, 50.0, 33.3 y 50.0% de las UGs con alto, medio y bajo IDESSP, respectivamente, tienen presencia de esta modalidad silvopastoril tradicional en sus terrenos.

En los SSPm, 100, 22 y 20% de las UGs con alto, medio y bajo IDESSP, respectivamente, adoptaron PAFC; en general 34% de las UGs de la muestra estableció esta modalidad silvopastoril. Las especies arbóreas forrajeras que se utilizaron fueron *G. sepium* y *Erythrina* sp. La densidad promedio de los árboles forrajeros establecidos en esta modalidad silvopastoril mejorada fue de 2 000 árboles por hectárea y 75% de las UGs con alto IDESSP establecieron bancos de proteína (BP) de mono-especies, con especies forrajeras endémicas como *G. sepium* y *Erythrina* sp. que se sembraron en densidades promedio de 40 000 plantas por hectárea. Por último, el SSPi (que corresponde a un sistema de pastura con árboles forrajeros en callejones con alta densidad de siembra) se presenta en 25 y 33% de las UGs con alto y medio IDESSP, respectivamente. Se identifican dos SSPi: el primero se basa en la siembra de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham (variedad mejorada), y el segundo en una asociación de *G. sepium* con *Cenchrus purpureus* (Schumach.) cv. CT 115; ambas con densidades de siembra de 40 000 plantas por hectárea en promedio.

Cuadro 4

Especies arbóreas en PAAD (SSPt) en unidades ganaderas

Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
1. Amate	<i>Ficus sp</i>	14. Macuil	<i>Tabebuia rosea</i>
2. Árnica	<i>Arnica montana</i>	15. Madre	<i>Erythrina sp</i>
3. Bojón	<i>Cordia alliodora</i>	16. Mango	<i>Mangifera indica</i>
4. Capulín	<i>Muntingia calabura</i>	17. Nance	<i>Byrsonima crassifolia</i>
5. Carambola	<i>Averrhoa carambola</i>	18. Naranja	<i>Citrus sinensis</i>
6. Caulote	<i>Guazuma ulmifolia</i>	19. Mata palo	<i>Ficus padifolia</i>
7. Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	20. Morera	<i>Morus alba</i>
8. Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	21. Palo marimba	<i>Platymiscium imorphandrum</i>
9. Cocoite	<i>Gliricidia sepium</i>	22. Palo mulato	<i>Bursera simaruba</i>
10. Guaje	<i>Leucaena leucocephala</i>	23. Pimienta	<i>Pimenta dioica</i>
11. Guancastle	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	24. Popiste	<i>Blepharidium mexicanum</i>
12. Guayacán	<i>Tabebuia chrysantha</i>	25. Samán	<i>Samanea saman</i>
13. Limón	<i>Citrus limón</i>		

Tipos de uso de suelo

Las UGs con alto IDESP tienen significativamente mayor superficie de tierra (80.7 ha; $P < 0.016$); así también, cuentan con una superficie de pastizal sin árboles estadísticamente mayor ($P < 0.004$; cuadro 5). Las UGs con alto IDESP, poseen 50% más superficie de terreno que las UGs con medio y bajo IDESP. Las UGs con alto IDESP tienden a tener mayor superficie dedicada a la agricultura ($P > 0.05$) siendo el maíz el principal cultivo. La superficie de SSPm y SSPt es mayor en UGs con alto IDESP ($P < 0.05$). Los SSPt tienen la mayor superficie de terreno en las UGs con medio y bajo IDESP (más del 90% de la superficie total del terreno) en comparación con las UGs con alto IDESP (menos del 80% de la superficie total del terreno), de cualquier manera, es el tipo de uso de suelo predominante en la zona de estudio.

Cuadro 5

Valores promedio (\pm desviación estándar) de los tipos de uso de suelo en unidades ganaderas (UGs=n), según el IDESSP

Variable	Conglomerado			Valor de p
	Alto	Medio	Bajo	
n=	(4)	(9)	(10)	
Superficie total de la unidad ganadera (ha)	80.7 \pm 24.7 ^a	33.6 \pm 11.7 ^b	35.4 \pm 25.5 ^b	0.016
Superficie agrícola (ha)	4.7 \pm 4.6	1.1 \pm 1.0	1.0 \pm 0.8	0.085
Superficie de pastizal sin árboles (ha)	3.7 \pm 4.1 ^a	0.0 \pm 0.0 ^b	0.5 \pm 1.5 ^b	0.004
Superficie de SPPm (ha)	9.0 \pm 5.5 ^a	1.3 \pm 1.7 ^b	0.6 \pm 1.2 ^b	0.041
Superficie de SSPt (ha)	63.2 \pm 24.6 ^a	31.2 \pm 11.9 ^b	33.8 \pm 23.7 ^b	0.003

Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis: ^{a,b} letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Características técnico-productivas de las unidades ganaderas

En el cuadro 6 se observa que UGs con alto IDESSP tienen el mayor tamaño de hato de los tres conglomerados del IDESSP (85.1 UA). Las UGs con bajo IDESSP tienden a tener la mayor carga animal con 1.7 UA/ha. No se observan diferencias significativas en la tasa de mortalidad en crías y adultos al año; sin embargo, en UGs con medio y alto IDESSP se reportan las tasas de mortalidad más altas en crías y adultos con 7.8 y 2.3%, respectivamente. Por otra parte, las UGs con alto IDESSP tienden a tener la mayor tasa de natalidad (64.1%). El peso (242 kg) y la edad de venta de becerros (13.0 meses) tienden a ser mayores en UGs con alto IDESSP. Las UGs con un IDESSP medio, tienden a tener un mayor rendimiento de leche por vaca al día (4.7 l) y una edad de destete del becerro mayor (8.5 meses).

La raza bovina con mayor presencia en la mayoría de las UGs de la muestra (83%) es la craza cebú-suizo. Los principales pastos que se identifican en las áreas de pastoreo de las UGs, en los tres conglomerados del IDESSP, son cuatro gramíneas mejoradas: *Urochloa brizantha* (sin. *Brachiaria brizantha*), *Urochloa decumbes* (Stapf.), *Megathyrsus maximus* cv. Mombasa y *Cynodon plectostachyus*; y una especie nativa: *Paspalum* sp. El *U. brizantha* (sin. *Brachiaria brizantha*) y *U. decumbes* (Stapf.), cubren la mayor superficie de tierra (más de 50%) en todas las UGs de los tres conglomerados del IDESSP.

Cuadro 6

Valores promedio (\pm desviación estándar) de las características técnico-productivas en unidades ganaderas (UGs=n), según el IDESSP

Variable	Conglomerado			Valor de p
	Alto	Medio	Bajo	
n=	(4)	(9)	(10)	
Tamaño del hato (UA)	85.1 \pm 37.6	49.8 \pm 18.2	52.4 \pm 24.1	0.146*
Carga animal (UA/ha)	1.2 \pm 0.5	1.5 \pm 0.4	1.7 \pm 0.6	0.287**
Tasa de natalidad al año (%)	64.1 \pm 29.4	50.8 \pm 17.2	42.9 \pm 23.3	0.281*
Mortalidad de crías al año (%)	3.8 \pm 2.0	7.8 \pm 9.3	7.5 \pm 6.5	0.756*
Mortalidad de adultos al año (%)	2.3 \pm 2.2	2.3 \pm 2.8	1.4 \pm 1.9	0.611*
Producción de leche l/vaca/día	4.3 \pm 0.4	4.7 \pm 0.6	4.6 \pm 1.0	0.693*
Edad del becerro al destete (meses)	7.7 \pm 1.7	8.6 \pm 1.4	7.7 \pm 1.1	0.238*
Edad del becerro a la venta (meses)	13.0 \pm 3.4	12.1 \pm 3.1	10.0 \pm 2.2	0.243*
Peso del becerro a la venta (kg)	242.5 \pm 45.0	229.8 \pm 46.5	219.0 \pm 31.7	0.554**

*Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. **Análisis de varianza.

Producción, precios e ingresos de las unidades ganaderas

Los principales ingresos económicos que se obtienen de las UGs son de la venta de la leche, becerros y vacas de desecho (cuadro 7). Sólo 13% de los productores de la muestra elaboran y venden queso. No se encontraron diferencias significativas en la producción de leche por vaca y el número de becerros vendidos al año, entre los conglomerados del IDESSP; sin embargo, tienden a ser mayores en UGs con alto IDESSP. Con respecto al precio de venta por litro de leche, en UGs con alto IDESSP se obtiene el mejor precio (\$5.8 pesos; $P \leq 0.05$), siendo los principales compradores de la leche la procesadora Lácteos de Chiapas (PRADEL) y queseros artesanales.

El precio de venta de los becerros, al momento en que se realizó el estudio, en las UGs de los tres conglomerados del IDESSP, tuvo una tendencia similar que va de los \$26.6 a \$27.5 por kg de peso vivo (MX\$/kg/PV). Con relación a las vacas de desecho, las UGs con bajo IDESSP tienden a tener mayor número de vacas de desecho vendidas al año (2.9) y mejor precio de venta (MX\$15.5 kg/PV). Actualmente, de acuerdo a consultas hechas a productores de la zona de estudio incluidos en este estudio, el precio de becerros y vacas de desecho es de \$40.0 y \$30.0 por kg de peso vivo, respectivamente. Las UGs con alto IDESSP tienden a tener los mejores ingresos por la venta de leche por vaca (MX\$6 332) y por el total de becerros vendidos al año (MX\$93 800).

Cuadro 7

Válcores promedio (\pm desviación estándar) de la producción y precios de venta de los principales productos pecuarios en unidades ganaderas (UGs=n), según el IDESSP

Variable	Conglomerado			Valor de p
	Alto	Medio	Bajo	
n=	(4)	(9)	(10)	
Producción de leche (l/vaca/año)	1 106.6 \pm 678.1	1 090.3 \pm 411.7	1 030.7 \pm 230.5	0.897
Precio de venta del litro de leche (\$)	5.8 \pm 2.7 ^a	4.3 \pm 0.3 ^{ab}	4.1 \pm 0.0 ^b	0.009
Becerras vendidos al año (núm.)	14.2 \pm 4.1	9.1 \pm 4.0	10.0 \pm 9.3	0.154
Precio de venta en becerros (MX\$/kg/PV)	27.5 \pm 1.7	27.4 \pm 1.8	26.6 \pm 1.0	0.622
Vacas de desecho vendidas al año (núm.)	2.2 \pm 1.7	1.6 \pm 1.1	2.9 \pm 1.7	0.212
Precio venta vacas desecho (MX\$/kg/PV)	12.5 \pm 8.3	13.2 \pm 7.8	15.5 \pm 5.9	0.530

Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis: ^{a,b} letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa (p \leq 0.05). MX\$: pesos mexicanos.

Discusión

El índice de desarrollo de sistemas silvopastoriles (IDESSP) ayudó a clasificar e identificar el nivel de adopción de los SSP que tienen las UGs de la zona de estudio. Las UGs con los mayores porcentajes y que cuentan con un alto IDESSP, se debe a que tienen mayor superficie de SSPm y SSPT; mientras que las UGs con bajo porcentaje del IDESSP y ubicadas en el conglomerado medio y bajo, se debe a que no tienen o tienen poca superficie establecida de modalidades silvopastoriles mejoradas. Cabe mencionar que en un estudio paralelo se encontró que los ganaderos de las UGs agrupadas con alto IDESSP tienen otros ingresos económicos además de la ganadería, a diferencia de los de medio y bajo IDESSP, quienes, en su mayoría, tienen como único ingreso la actividad ganadera, lo que podría representar un factor para la adopción de SPPm (Zepeda *et al.*, 2016). Chara *et al.* (2019) mencionan que la falta de asistencia técnica y los altos requerimientos de inversión en el inicio del establecimiento de los SSPm son los principales factores que limitan su adopción.

De las UGs de los tres conglomerados, 100% tienen PAAD y cercas vivas (SSPt), comúnmente el pastizal con árboles y arbustos dispersos tiene presencia de árboles maduros del dosel, que se dejaron en pie al establecer las zonas de pastoreo, por la dificultad para cortarlos (ya sea por su diámetro o por la solicitud del permiso a oficinas gubernamentales correspondientes); otros son árboles o arbustos de rápido crecimiento que se dejan crecer por su utilidad, por ejemplo los frutales (Fuentealba y González, 2016), de los cuales en

la zona de estudio se identificaron *Averrhoa carambola*, *Mangifera indica*, *Byrsonima crassifolia*, *Citrus sinensis* y *Citrus limón*. En las regiones tropicales del país, los pastizales con árboles dispersos son comunes y utilizados principalmente para leña, madera, sombra y en menor medida para la alimentación animal (Bautista *et al.*, 2011). En los PAAD de las UGs estudiadas se identificaron especies arbóreas, como *Leucaena leucocephala*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Tabebuia rosea* y *Samanea saman*. En los casos de *E. cyclocarpum* y *T. rosea*, estas especies pueden establecerse en SSPm como cercas vivas mixtas y cortinas rompevientos (Calle y Murgueitio, 2020). Con respecto a las cercas vivas, en varias regiones de Chiapas, esta modalidad silvopastoril es ampliamente utilizada por los productores debido a su mínimo efecto de sombra sobre los pastos y por los bajos costos que representa para la división de potreros y delimitación de las UGs (Marinidou *et al.*, 2019). La *G. sepium* comúnmente se utiliza en el establecimiento de cercas vivas en las UGs de la zona de estudio. En esta región, entre Tabasco y Chiapas, esta especie es ampliamente utilizada para cercas vivas (Nahed *et al.*, 2013a), y se debe a que es una especie nativa de la región con gran versatilidad agronómica (Grande y Maldonado, 2011), la cual, cabe destacar que tiene potencial para la alimentación animal debido a su alto contenido de proteína cruda (23.8%) (Gómez *et al.*, 2006; Cuervo *et al.*, 2013).

En el caso de los SSPm adoptados, las modalidades de PAFC, bancos de proteína y un SSPi utilizan especies arbóreas endémicas de la zona de estudio (*G. sepium* y *Erythrina* sp). Cabe señalar que 34% de las UGs de toda la muestra establecieron PAFC, por lo que puede ser un indicador de que esta modalidad sea la más aceptada entre los ganaderos de la zona de estudio. La adopción de estas modalidades silvopastoriles mejoradas por algunos productores fue gracias a la intervención de instituciones académicas y de investigación (El Colegio de la Frontera Sur y la Universidad Autónoma de Chiapas) que, desde el 2005, ofrecieron asesorías, incentivos económicos y cursos para el aprovechamiento de especies forrajeras locales, ya que identificaron el potencial de la zona de estudio para obtener una certificación orgánica en la producción de leche debido a la presencia de modalidades tradicionales de sistemas silvopastoriles en las UGs (Nahed *et al.*, 2012a; Nahed *et al.*, 2012b).

Al momento de realizar este estudio, 73% de las UGs de la muestra ya estaban certificadas como productoras de leche orgánica (Zepeda *et al.*, 2016); aunque actualmente sólo 50% de estos productores mantienen dicha certificación. La adopción de SSPm aumenta la posibilidad de transitar hacia sistemas productivos sustentables, como lo es la ganadería orgánica, tal como se ha hecho y evaluado en la zona de estudio por Valdivieso *et al.* (2019). Por otra parte, el SSPi con la siembra de la variedad mejorada *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham, fue promovido por la Fundación Produce de Michoacán en 2010 en los municipios de Tecpatán (zona de estudio) y Ocozocoautla, en el estado de Chiapas (Flores y Solorio, 2013). El número reducido de UGs de la zona de estudio con esta modalidad silvopastoril puede deberse al bajo interés o acceso que tuvieron los productores es la tecnología, ya que solamente tres productores recibieron dicha tecnología. Por otra parte, basado en testimonios de los propios productores y observaciones directas en las unidades ganaderas, el establecimiento de este sistema presentó dificultades con pérdida

de plantas y crecimiento lento. El fracaso en la adopción de SSPm puede desalentar a los productores en pretender seguir adoptando tecnologías silvopastoriles (Marinidou *et al.*, 2019); sin embargo, hay otros factores que deben tomarse en cuenta para la adopción de SSPm. En UGs con medio y bajo IDESSP se presentó menor adopción de SSPm, lo cual puede deberse a factores como la edad y la escolaridad de los productores, así como otros ingresos económicos adicionales a la actividad ganadera (Zepeda *et al.*, 2016).

Otras especies arbóreas forrajeras identificadas dentro de las UGs fueron *Erythrina* sp y *G. ulmifolia*, ambas especies arbóreas se presentan como una opción importante para el desarrollo de SSPm por ser endémicas de la región. Por ejemplo, la *Erythrina* sp. destaca por su alto contenido de proteína (18.9%) (Hernández *et al.*, 2020); mientras, la *G. ulmifolia* es percibida con alto valor forrajero para la alimentación animal en el trópico mexicano (Manríquez-Mendoza *et al.*, 2011; Villa *et al.*, 2009). Otras especies apreciadas por los productores en el sureste de México para su integración a SSP son: *Leucaena leucocephala*, *G. sepium* y *Enterolobium cyclocarpum* (Fuentealba y González, 2016), especies arbóreas que se encuentran presentes en la zona de estudio. Para promover la adopción y desarrollo de SSPm, es necesario tomar en cuenta diversos incentivos, los productores que sembraron las mayores superficies de SSPm, en la zona de estudio, recibieron asesorías técnicas, incentivos económicos e incluso, en algunos casos, el desarrollo de investigaciones de modalidades silvopastoriles dentro de las UGs (Zepeda *et al.*, 2016; Nahed *et al.*, 2010).

Las UGs con alto IDESSP son las que tienen la mayor superficie de terreno, lo que de acuerdo con Oliva *et al.* (2018), el tener mayor disponibilidad de superficie de tierra es un factor de adopción de SSPm. En las UGs con alto IDESSP se observó la mayor proporción de superficie de pastizal sin árboles (4.5%) con respecto a la superficie total de la unidad ganadera. Esta superficie de pastizal sin árboles es mucho menor que en UGs de la región Costa del estado de Chiapas, donde llegan a significar hasta 50% de la superficie de la unidad ganadera (Rodríguez-Moreno *et al.*, 2020). De acuerdo con Senra (2009), la inclusión del árbol en zonas de pastizales es determinante para su sostenibilidad y productividad, ya que mejora la cobertura vegetal, el equilibrio en la biomasa anual y disminuye la evaporación, la compactación y el escurrimiento, lo que evita considerablemente la erosión del suelo. Las UGs con alto IDESSP tienen mayor superficie dedicada a agricultura (4.7 ha), siendo el maíz el principal cultivo; esto contrasta con las UGs con medio (1.1 ha) y bajo (0.5 ha) IDESSP, que prácticamente no realizan esta actividad. Nahed *et al.* (2013a) reportó para la misma región, un rango de 2.7 a 5.4 ha para cultivos agrícolas, lo que indica que ganaderos con mayor superficie de tierra tienen la posibilidad de dedicar un área a la agricultura, lo que puede representar mayor capacidad para alimentar a sus animales en épocas críticas. El principal tipo de uso de suelo en todas las UGs fue la modalidad silvopastoril tradicional de PAAD. En estudios realizados en la misma región se reportó que es común la presencia de PAAD, lo que pone en evidencia el potencial para el desarrollo de SSPm en la zona (Nahed *et al.*, 2013b; Valdivieso *et al.*, 2019).

En todas las UGs estudiadas, resalta el predominio de pastos mejorados sobre los nativos, lo cual se debe a las políticas gubernamentales de ganaderización, derivadas de la revolución verde, donde se apoyó, con base en agroquímicos y semillas y asociado a la mercadotecnia, la introducción de especies mejoradas (Valdivieso *et al.*, 2019). Los pastos con mayor presencia en la zona de estudio fueron la *U. brizantha* (sin. *Brachiaria brizantha*) y *U. decumbes* (Stapf.), al ocupar más de 50% de la superficie de las unidades ganaderas. Lo anterior es similar a un estudio realizado en el estado de Tabasco, donde también se identificó la presencia de los pastos *U. brizantha* (sin. *Brachiaria brizantha*) y *U. decumbes* (Stapf.) entre los principales en zonas de pastoreo con árboles dispersos (Martínez *et al.*, 2013). La presencia recurrente de estos pastos en el trópico mexicano se debe a la promoción y disponibilidad de la semilla, al pH del suelo, a la tolerancia que tienen a la sombra y a las condiciones climáticas favorables para su crecimiento. Cabe señalar que estos pastos se adaptan y desarrollan dentro de los PAAD de la zona de estudio, lo que evidencia la viabilidad para aumentar el desarrollo de los SSPm. Esquivel (2007) y Hernández *et al.* (2007), demostraron que los pastos *U. brizantha* (sin. *Brachiaria brizantha*) y *U. decumbes* (Stapf.) tienen tolerancia a la sombra con una cobertura arbórea moderada compuesta por una mezcla de árboles con diferentes características y tamaños.

Las UGs con bajo IDESSP tienden a tener una carga animal de 1.7 UA/ha, siendo la más alta en los tres conglomerados del IDESSP. Este dato difiere con un estudio realizado por Nahed *et al.* (2018) para la misma región, quienes reportan una carga animal de 2.4 UA/ha. En regiones tropicales, el sistema ganadero de tipo extensivo es el predominante y reporta un rango de 0.5 a 2.0 ha para alimentar a una UA (Fuentealba y González, 2016). La mayor tasa de mortalidad de crías se presenta en UGs con un IDESSP medio (7.3%). Cabe mencionar que la tasa de mortalidad en crías es igual a lo reportado por Nahed *et al.* (2013b) para la misma zona de estudio (7.3%). El alto porcentaje en la tasa de muerte en becerros es un reflejo del pobre manejo en el control de enfermedades en esta etapa.

Los precios de venta de la leche y becerros más altos se registró en las UGs con alto IDESSP; sin embargo, de acuerdo con ganaderos de la región, estos precios de venta son bajos e injustos. Calderón *et al.* (2012) mencionaron que, en la comercialización de los becerros, la diferencia entre el precio inicial de venta, por parte del ganadero, y su precio final de venta, por parte de los acopiadores, es de 157%, obteniendo un margen de comercialización elevado y que no beneficia al ganadero; lo anterior es un problema característico de la ganadería de doble propósito a nivel nacional (FAO, 2015). Las UGs con alto IDESSP obtienen los mejores ingresos económicos por la venta de leche y becerros, esto puede deberse a que en este conglomerado se cuenta con los mayores recursos en cuanto al tamaño el hato, superficie de tierra con mayor superficie de SSPm, además de que obtienen el mejor precio por la venta del litro de leche y venden a un mayor peso los becerros. Cabe recordar que el establecimiento de arbóreas forrajeras dentro de las zonas de pastoreo disminuye el estrés calórico por la sombra que ofrecen; además, en la dieta de los animales se ofrece un mayor porcentaje de proteína cruda, tomando en

cuenta que las UGs con alto IDESSP tienen mayor superficie con SSPm. En la zona de estudio sólo se ofrece sal mineral a los animales de forma esporádica, y la tasa de natalidad es relativamente mayor en el conglomerado con alto IDESSP; en general, los tres conglomerados presentan de intermedia a baja tasa de natalidad (42.2-64.1%). Está demostrado que los SSPm benefician el ingreso económico de las UGs. En México y Colombia se comprobó que el establecimiento de éstos mejoraron los ingresos económicos de las unidades ganaderas (Chalate *et al.*, 2010; Chara *et al.*, 2019; Estrada *et al.*, 2019), sin embargo, es necesario un análisis económico específico para las UGs con SSPm de la zona de estudio.

Conclusiones

El IDESSP permitió diferenciar tres conglomerados (alto, medio y bajo) en la zona de estudio y fue una herramienta que ayudó a identificar a las unidades ganaderas con mayor y menor desarrollo de SSP mejorados, y que puede ser replicada en otros contextos ganaderos similares (con los ajustes necesarios) para medir el nivel de desarrollo o adopción de esta tecnología.

Las unidades ganaderas de los tres conglomerados (alto, medio y bajo) del IDESSP tienen pastizal con árboles y arbustos dispersos (PAAD) y cercas vivas. Los PAAD son los que tienen la mayor superficie de terreno que cualquier otro tipo de uso de suelo en las unidades ganaderas de la zona de estudio. El sistema silvopastoril mejorado de pastura con árboles forrajeros en callejones con baja densidad de siembra utilizó especies arbóreas endémicas, como *Gliricidia sepium* y *Erythrina* sp. Esta modalidad silvopastoril mejorada fue la que tuvo la mayor superficie sembrada y se presentó en, por lo menos, dos unidades ganaderas en cada uno de los conglomerados del IDESSP.

La *Gliricidia sepium* y *Erythrina* sp. tienen presencia en casi todas las modalidades silvopastoriles encontradas. Otras especies arbóreas identificadas fueron: *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena leucocephala*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Tabebuia rosea* y *Samanea saman*, endémicas de la región, que pueden ser establecidas en modalidades silvopastoriles mejoradas, tales como los sistemas silvopastoriles intensivos, cercas vivas, bancos de proteína y cortinas rompeviento.

Las unidades ganaderas con alto IDESSP tienen la mayor superficie de tierra y tamaño de hato; así también, obtuvieron los mejores ingresos debido a que tienen mayores recursos, mejores precios de venta de la leche y becerros e implementan y desarrollan nuevas tecnologías a través de los SSP mejorados.

La superficie de tierra de las unidades ganaderas de la zona de estudio está cubierta, casi en su totalidad, por varias modalidades silvopastoriles tradicionales, donde se detectaron especies arbóreas endémicas con alto valor forrajero, que pueden ser integradas a modalidades silvopastoriles mejoradas para un óptimo aprovechamiento de los recursos locales.

Literatura citada

- Alayón, G.J.; Nahed, T.J. y Jiménez, F.G. (2016). Estrategias silvopastoriles para mitigar efectos del cambio climático en sistemas ganaderos del sur de México. *Agro productividad*. 9(9): 10-15. <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/809>
- Arce, R.C.; Aranda, I.E.M.; Osorio, A.M.M.; González, G.R.; Díaz, R.P. y Hinojosa, C.J.A. (2017). Evaluación de parámetros productivos y reproductivos en un hato de doble propósito en Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 8(1): 83-91. <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4347>
- Bautista, T.M.; López, O.S.; Pérez, H.P.; Vargas, M.M.; Gallardo, L.F. y Gómez, M.F. (2011). Sistemas agro y silvopastoriles en la comunidad El Limón, municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14: 63-76. <http://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/440>
- Calderón, J.; Nahed, J.; Sánchez, B.; Herrera, O.; Aguilar, R. y Parra, M. (2012). Estructura y función de la cadena productiva de carne de bovino en la ganadería ejidal de Tecpatán, Chiapas, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 16(2): 45-61. <http://ww.ucol.mx/revai/portal/pdf/2012/mayo/4.pdf>
- Calle, Z. y Murgueitio, E. (2020). Árboles nativos para predios ganaderos. Especies focales del Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. CIPAV, Cali Colombia. 346 p.
- CEIEG. (2020). Comité estatal de información estadística y geográfica de Chiapas. <http://www.ceieg.chiapas.gob.mx/home/informacion-geografica/?maccion=15>. (Consultada 20 diciembre 2020).
- Chalate, M.H.; Gallardo, L.F.; Pérez, H.P.; Lang, O.F.; Ortega, J.E. y Vilaboa, A.J. (2010). Características del sistema de producción bovinos de doble propósito en el estado de Morelos, México. *Zootecnia Tropical*. 28: 329-339. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692010000300004
- Chará, J.; Reyes, E.; Peri, P.; Otte, J.; Arce, E. y Schneider, F. (2019). *Silvopastoral Systems and their Contribution to Improved Resource Use and Sustainable Development Goals: Evidence from Latin America*. FAO, CIPAV and Agri Benchmark, Cali, 60 p.
- Cuervo-Jiménez, A.; Narváez-Solarte, W. y Hahn von-Hessberg, C. (2013). Características forrajeras de la especie *Gliricidia sepium* (Jacq.) stend, FABACEAE. *Bol. Cient. Mus. His. Nat.* 17 (1): 33-45.
- Espinosa, G.J.; Góngora, G.S.; García, M.A.; Cervantes, E.F.; Moctezuma, L.G.; Mancilla, R.M.; Rangel, Q.J.; Cuevas, R.V.; Dávalos, F.J.; Villegas, D.A. y Velázquez, F.L. (2015). Aspectos socioeconómicos de la ganadería bovina tropical. En: P.E. González y F.J. Dávalos. (eds.), *Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical* (Pp. 230-250). México: REDGATRO.
- Estrada, L.I.; Esparza, J.S.; Albarrán, P.B.; Yong, A.G.; Rayas, A.A. y García, M.A. (2019). Evaluación productiva y económica de un sistema silvopastoril intensivo en bovinos doble propósito en Michoacán, México. *Ciencia ergo-sum*. 25(3): e29. <https://doi.org/10.30878/ces.v25n3a7>
- Esquivel, H. (2007). *Tree resources in traditional silvopastoral systems and their impact on productivity and nutritive value of pasture in the dry Tropics of Costa Rica*. PhD. CATIE, Costa Rica. 160 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura). (2015). *Evaluación nacional de resultados. Componente: producción pecuaria y ordenamiento ganadero y apícola (PROGAN)*. FAO. México. 78 p. <https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/documnt/2018/11/14/1531/14112018-evaluacion-nacional-de-resultados-progan.pdf>
- Flores, M., X. y Solorio, B. (2013). *Ganadería Sustentable, 2a Etapa del Proyecto Estratégico de Prioridad Nacional: Desarrollo y fomento de los sistemas silvopastoriles intensivos como alternativa alimenticia para la producción de carne y leche en regiones tropicales de México*. Fundación Produce Michoacán. México. 215 p.
- Fuentealba, B. y González, C. (2016). Sistemas silvopastoriles tradicionales en México. En: C.A. Moreno, A. Casas, V. Toledo y R.M. Vallejo. (eds.), *Etnoagroforestería en México*. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. México, Pp. 239-261.
- Gallardo, C.A.; Vargas, L.S.; Bustamante, G.A.; Nahed, T.J.; Ramírez, B.E. y Casiano, V.M.A. (2019). Riesgos climáticos y modos de vida de las familias productoras de ganado bovino en la Costa Chica, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 22: 169-178. <http://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2650>

- Gerber, P.J.; Steinfeld, H.; Henderson, B.; Mottet, A.; Opio, C.; Dijkman, J.; Falcucci, A. y Tempio, G. (2013). *Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería. Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura.* FAO. Roma. 153 p.
- Gómez, C.H.; Nahed, T.J.; Tewolde, A.; Pinto, R.R. y Martínez, L.J. (2006). Áreas con potencial para el establecimiento de árboles forrajeros en el centro de Chiapas. *Revista Mexicana de las Ciencias Pecuarias.* 44(2): 219-230. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792010000100002
- González-Rebeles, C.I.; Gómez, F.G.T. y Galindo, M.F. (2015). Recursos naturales y uso de las tierras ganaderas en el trópico. En: P.E. González y F.J. Dávalos. (eds.), *Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical.* REDGATRO-CONACYT. Pp 38-47.
- Goodman, A.L. (1961). Snowball Sampling. *The Annals of Mathematical Statistics.* 32: 148-170. <https://www.jstor.org/stable/2237615?seq=1>
- Grande, D. y Maldonado, M. (2011). Los sistemas silvopastoriles del estado de Tabasco. En: G.J. Palma, T.J. Nahed y G.L. Sanginés. (eds.), *Agroforestería pecuaria en México. Alternativas para una reconversión ganadera sustentable.* Ed. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristobal de las Casas, Chiapas, México. Pp. 14-40.
- Grimm, J.W. y Wozniak, P. (1990). *Basic Social Statistics and Quantitative Research Methods: A Computer-Assisted Introduction.* The Wadsworth and Brooks/Cole. Belmont, California, USA. 493 p.
- Grossi, G.; Goglio, P.; Vitali, A. y Williams, A.G. (2019). Livestock and climate change: impact of livestock on climate and mitigation strategies. *Animal Frontiers.* 9(1): 69-76. <https://doi:10.1093/af/vfy034>
- Hernández, D.S.; Russell, G. y Córdoba-Sánchez, E. (2007). Producción de pastos tropicales en sistemas silvopastoriles. En: F.G. Jiménez, T.J. Nahed y P.L. Soto. (eds.), *Agroforestería Pecuaria en Chiapas, México.* Ed. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristobal de las Casas, Chiapas, México. Pp. 17-21.
- Hernández-Espinoza, D.F.; Ramos-Juárez, J.A.; González-Garduño, R.; Lagunes-Espinoza, L.C.; López-Herrera, M.A. y Oliva-Hernández, J. (2020). Consumo de follaje de *Erythrina americana* Miller en ovejas Blackbelly x Pelibuey. *Rev Mex Cienc Pecu.* 11(1): 70-88.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2014). Encuesta Nacional Agropecuaria. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2014/doc/minimonografia/prodbovena14.pdf>. (Consultada 20 de junio 2019).
- Magaña, M.J.G.; Ríos, A.G. y Martínez, G.J.C. (2006). Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 14 (3): 105-114. <http://www.bioline.org.br/pdf/la06019>
- Marinidou, E.; Jiménez, F.G.; Soto-Pinto, L.; Ferguson, B. y Saldivar, M.A. (2019). Proceso de adopción de árboles en áreas ganaderas: estudio de casos en Chiapas, México. *Sociedad y Ambiente.* 7(18): 201-230. <http://revistas.ecosur.mx/sociedadambiente/index.php/sya/article/view/1885>
- Martínez, E.C.; Villanueva, L.G. y Casanova, L.F. (2013). Densidad y composición de árboles dispersos en potreros en la sierra de Tabasco, México. *Agrociencia.* 47(5): 482-496. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952013000500006
- Manríquez-Mendoza, L.Y.; López-Ortiz, S.; Pérez-Hernández, P.; Ortega-Jiménez, E.; López- Tecpoyotl, Z.G. y Villarruel-Fuentes, M. (2011). Agronomic and forage characteristics of *Guazuma ulmifolia* Lam. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 14: 453-463.
- Mehta, C.R. y Patel, N.R. (2011). *IBM SPSS Exact Tests.* Armonk, New York, USA. 236 p.
- Munda, G. (2004). Métodos y procesos multicriterio para la evaluación social de las políticas públicas. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica.* 1: 31-45. <https://www.raco.cat/index.php/Revibec/article/view/38279>
- Murgueitio, E.; Cuellar, P.; Ibrahim, M.; Gobbi, J.; Cuartas, C.A.; Naranjo J.F.; Zapata, A.; Mejía, C.E.; Zuluaga, A.F. y Casasola, F. (2006). Adopción de sistemas agroforestales pecuarios. *Pastos y Forrajes.* 29(4): 365-381. <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269121676003.pdf>
- Nahed-Toral, J.; Gómez-Castro, H.; Pinto-Ruiz, R.; Guevara-Hernández, F.; Medina-Jonapa, F.; Ibrahim, M. y Grande-Cano, D. (2010). Research and development of silvopastoral systems in a village in the

- buffer zone of the EL Ocote Biosphere Reserve, Chiapas, México. *Research Journal of Biological Sciences*. 5(7): 499-507.
- Nahed, T.J.; Sánchez, M.B.; Ruiz, R.J.; Delgadillo, P.C. y Guevara, H.F. (2012a). Innovación socioambiental desde la perspectiva pecuaria: el caso de la transición orgánica en Tecpatán, Chiapas. En: B.E. Bello, P.E. Naranjo y R. Vandame. (eds.), *La otra innovación para el ambiente y la sociedad en la frontera sur de México* (Pp. 134-144). México: El Colegio de la Frontera Sur.
- Nahed-Toral, J.; Sánchez-Muñoz, B.; Mena, Y.; Ruiz-Rojas, J.; Aguilar-Jiménez, R.; Castel, J.; de Asís, R.F.; Orantes-Zebadúa, M.; Manzur-Cruz, A.; Cruz-López, J. y Delgadillo-Puga, C. (2012b). Potential for conversion of agrosilvopastoral systems of dairy cattle to the organic production model in South Eastern Mexico. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 11(17): 3081-3093.
- Nahed, T.J.; Sánchez, M.B.; Mena, T.; Ruiz, R.J.; Aguilar, J.R.; Castel, J.; De Asís, R.F.; Orantes, Z.M.; Manzur, C.A.; Cruz, L.J. y Delgadillo, P.C. (2013a). Feasibility of converting agrosilvopastoral systems of dairy cattle to the organic production model in southeastern México. *Journal of Cleaner Production*. 43: 136-145. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.019>
- Nahed, T.J.; Valdivieso, P.A.; Aguilar, J.R.; Cámara, C.J. y Grande, C.D. (2013b). Silvopastoral systems with traditional management in southeastern Mexico: A prototype of livestock agroforestry for cleaner production. *Journal of Cleaner Production*. 57: 266-279. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.020>
- Nahed, T.J.; González, P.M.; Grande, D.; Aguilar, J.R.; Sánchez, B.; Ruiz, R.J.L.; Guevara, H.F.; León, M.N.; Trujillo, V.R. y Parra, V.R. (2018). Evaluating sustainability of conventional and organic dairy cattle production units Zoques Region of Chiapas, México. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 608-638. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1534302>
- Oliva, M.; Leiva, S.; Collazos, R.; Vigo, M.N. y Maicelo, J.L. (2018). Factores que influyen en la adopción de tecnologías silvopastoriles con la especie nativa *Alnus acuminata* (aliso). *Agrociencia Uruguay*. 22(2): 1-9. <http://dx.doi.org/10.31285/agro.22.2.9>
- Orantes-Zebadúa, M.A.; Plata-Rosado, D.; Córdova-Avalos, V.; De los Santos-Lara, M. y Córdova-Avalos, A. (2014). Caracterización de la ganadería de doble propósito en una región de Chiapas, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 1(1): 49-58.
- Rodríguez-Moreno, O.; Nahed-Toral, J.; Guevara-Hernández, F.; Alayón-Gamboa, J. y Grande-Cano, J. (2020). Historia y caracterización técnica y socioeconómica de la ganadería bovina en la Costa de Chiapas, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 23(55): 1-13. <http://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3058>
- Senra, A. (2009). Impacto del manejo del ecosistema del pastizal en la fertilidad natural y sostenibilidad del suelo. *Avances en investigación Agropecuaria*. 13(2): 3-15.
- Valdivieso, P.I.; Nahed, T.J.; Piñero, V.A.; Guevara, H.F.; Jiménez, F.G. y Grande, C.D. (2019). Potential for organic conversion and energy efficiency of conventional livestock production in a humid tropical region of Mexico. *Journal of Cleaner Production*. 241: 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118354>
- Villa, H.A.; Nava, T.M.; López, O.S.; Vargas, L.S.; Ortega, J.E. y López, F.G. (2009). Utilización del guáximo (*Guazuma ulmifolia* lam.) como fuente de forraje en la ganadería bovina extensiva del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10(2): 253-261. <http://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/213/48>
- Zepeda, C.R.; Velasco, Z.M.; Nahed, T.J.; Hernández, G.A. y Martínez, T.J. (2016). Adopción de sistemas silvopastoriles y contexto sociocultural de los productores: apoyos y limitantes. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 7(4): 471-488. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v7n4/2448-6698-rmcp-7-04-00471.pdf>

Recepción: 08 de noviembre 2020

Arbitraje: 27 de noviembre 2020

Dictamen: 08 de febrero 2021

Aceptado: 16 de febrero 2021