

## SISTEMAS SILVOPASTORILES Y LAS CONDICIONES PARA SU ESTABLECIMIENTO

### SILVOPASTORAL SYSTEMS AND THE CONDITIONS FOR THEIR ESTABLISHMENT

<sup>1,8</sup>Arturo Angel-Hernández<sup>IP</sup>, <sup>2</sup>Carlos Alberto García-Munguía<sup>IP</sup>, <sup>3</sup>Edgar Aguilar-Urquiza<sup>IP</sup>, <sup>4</sup>Alberto Margarito García-Munguía<sup>IP</sup>, <sup>5</sup>Clemente Lemus-Flores<sup>IP</sup>, <sup>1</sup>Socorro Morales-Flores<sup>IP</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental La Posta. Paso del Toro, Medellín de Bravo, Veracruz. C.P. 94277. <sup>2</sup>Universidad de Guanajuato, División Ciencias de la Vida, Departamento de Veterinaria y Zootecnia. Ex hacienda el Copal, Irapuato, Guanajuato. C.P. 36500. <sup>3</sup>Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal. Conkal, Yucatán. C.P. 97345. <sup>4</sup>Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Agronómicas. Aguascalientes, Aguascalientes. C.P. 20100. <sup>5</sup>Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Compostela, Nayarit. C.P. 63700. <sup>8</sup>Autor de correspondencia: (angel.arturo@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

La ganadería basada en monocultivos de pastos se asocia al impacto negativo ambiental y a la erosión del suelo, una alternativa para contrarrestar estos efectos es la implementación de sistemas silvopastoriles (SSP), estos en su interacción pasto/arbusto-árbol/animal incrementan el potencial productivo y elevan el valor nutricional de los forrajes. Actualmente se han realizado investigaciones que representan un avance importante en la asociación de cultivos multiespecie donde es necesario estudiar las características de este tipo de sistemas considerando múltiples factores; por este motivo, la presente revisión bibliográfica tuvo como objetivo evidenciar las consideraciones en el establecimiento de los sistemas silvopastoriles, la asociación de cultivos y el enfoque espacial y temporal. Existe una gran diversidad de conceptos en cuanto a los arreglos espaciales y temporales y es posible que surjan otros, sin embargo, es importante considerar los objetivos del productor y conocer las características de las especies que se ajusten a las condiciones de regiones agroecológicas específicas. Se concluye que los SSP ofrecen un modelo prometedor para la gestión y uso adecuado de los recursos naturales en la ganadería retomando las prácticas agrícolas de asociación de cultivos y la interacción entre los

componentes del sistema; para el establecimiento de los SSP se tienen que considerar las condiciones edafoclimáticas, así como las características de las especies a establecer tomando en cuenta la disposición y densidad de plantación en la búsqueda de un aumento en el rendimiento.

**Palabras clave:** bovinos, forrajes, producción forrajera, pastoreo multiespecie, sustentabilidad.

### ABSTRACT

Livestock farming based on pasture monocultures is associated with negative environmental impact and soil erosion. An alternative to counteract these effects is the implementation of silvopastoral systems (SSP). These, in their grass/shrub-tree/animal interaction, increase productive potential and raise the nutritional value of forages. Currently, research has been carried out that represents an important advance in the association of multispecies crops where it is necessary to study the characteristics of this type of systems considering multiple factors, for this reason, the present bibliographic review aimed to highlight the considerations in the establishment of the silvopastoral systems, crop association and spatial and temporal approach. There is a great diversity of concepts regarding spatial and temporal arrangements and it is possible that others may

arise; however, it is important to consider the objectives of the producer and know the characteristics of the species that adjust to the conditions of specific agroecological regions. It is concluded that silvopastoral systems offer a promising model for the management and adequate use of natural resources in livestock farming, resuming agricultural practices of crop association and the interaction between the components of the system. For the establishment of *SSP*, they must be considered. the edaphoclimatic conditions, as well as the characteristics of the species to be established, taking into account the layout and density of planting in the search for an increase in yield.

**Index words:** cattle, forage, forage production, multispecies grazing, sustainability

## INTRODUCCIÓN

Actualmente los sistemas de explotación de bovinos basados en pastoreo presentan una baja eficiencia debido al deterioro de los recursos naturales (Moreno et al., 2017) lo que ha causado fuertes cambios en la vegetación (Ibarra et al., 2018) y pérdida de biodiversidad. Una opción para reducir el impacto negativo en la producción ganadera es la implementación de sistemas silvopastoriles (*SSP*), estos son una modalidad de agroforestería pecuaria donde se busca maximizar la eficiencia de los recursos para conseguir una producción de alta calidad, además, se promueven interacciones entre los componentes del sistema que se manifiestan en un incremento en la producción (Chará et al., 2020); se definen como un sistema de manejo integral donde se desarrollan conjuntamente arbustos, árboles, herbáceas, en interacción con animales y suelo (Arciniegas y Flórez, 2018), por ejemplo, la calidad de la dieta del ganado mejora significativamente con la presencia de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, que aumenta la cantidad y calidad del forraje disponible (Hernández et al., 2020). Los *SSP* coadyuvan a mejorar las características del suelo, ya que contribuye al ciclo de nutrientes a través de la hojarasca, lo que promueve un manejo sostenible

del suelo (Martínez-Atencia et al., 2023), también ofrecen beneficios adicionales como la fijación biológica de nitrógeno, la protección del suelo y la retención de humedad, lo que contribuye a una mayor diversidad y productividad (Quiroz et al., 2021). Estos sistemas juegan un papel crucial en la recuperación de suelos degradados y en la mitigación de los gases de efecto invernadero al capturar el carbono atmosférico y fijarlo en el suelo (Santos et al., 2019). Asimismo, permiten el uso sostenible de los bosques al no comprometer la capacidad productiva del suelo (Delgado et al., 2021). Además, mantener la temperatura y la humedad relativa dentro de las áreas de pastoreo por lo que conllevan a la generación de microclimas que mejoran la producción de biomasa forrajera disponible para los animales y aportan al bienestar animal (López et al., 2020; Rosales et al., 2020; Saucedo et al., 2020). En los sistemas pecuarios el estudio de especies de árboles y arbustos forrajeros es una necesidad en función de la productividad de biomasa, disponibilidad de forraje y del valor nutritivo (Muñoz et al., 2016).

En los *SSP* se aprovechan los beneficios de varios estratos de vegetación, de la biodiversidad que se compara con los ecosistemas naturales, así como de la asociación de cultivos que constituye mayores ventajas frente a sistemas de monocultivo (Tamayo y Alegre, 2022). Diferentes estudios han resaltado las bondades de asociar especies gramíneas-leguminosas con especies arbustivas como los ciclos de nutrientes en suelo como el de nitrógeno y por la parte de nutrición donde mantener esa asociación con el aporte de proteína, también se considera incorporar arbóreas que proporcionen subproductos como frutas, madera y especias (Bermúdez & Mendieta-Araica, 2022; Quiroz et al., 2021; Lezcano et al., 2020; Sotelo et al., 2017), la diversidad existente en los *SSP* genera un panorama amplio de aprovechamiento, siendo innumerables las posibilidades de diseñar arreglos tanto en espacio como en tiempo. Los arreglos integrados son enfoques dirigidos fundamentalmente hacia el mejor uso de los recursos naturales, lo que permite la optimización de la producción y la obtención diversificada de

productos y servicios que abonan a la sostenibilidad del sistema (Saucedo et al., 2020).

Los *SSP* tienen como objetivo principal maximizar la producción de leche y carne, al tiempo que se promueve la conservación del suelo, la biodiversidad, el bienestar animal y la diversificación económica, sin embargo, poco se conoce de las consideraciones de su diseño lo que incluye los arreglos espaciales y temporales además de los estratos, dimensiones y proyecciones en la vegetación. Actualmente se han realizado investigaciones que representan un avance importante en la asociación y distribución de cultivos multiespecie donde es necesario estudiar las características de este tipo de sistemas considerando múltiples factores, por este motivo, la presente revisión bibliográfica tuvo como objetivo evidenciar las consideraciones en el establecimiento de los *SSP*, la asociación de cultivos, así como el enfoque espacial y temporal de las especies.

## DESARROLLO

### Establecimiento de sistemas silvopastoriles para la ganadería bovina en el trópico

En México la actividad pecuaria genera alrededor del 40 % del valor nacional de la producción del sector primario (SIAP, 2022), una de las principales actividades es la ganadería bovina doble propósito, en el país se estimó en el año 2022 una producción de carne en canal de bovino de dos millones de toneladas y 13 millones de litros de leche (SADER, 2024). En las regiones tropicales de México el sistema de producción bovina se desarrolla generalmente en sistemas de pastoreo extensivo, tiene como principal fuente de alimentación pastos naturales o inducidos en monocultivo (Enríquez et al., 2020), estos sistemas intervienen en la modificación de los procesos ecológicos, con un impacto ambiental relacionado con la fragmentación de los ecosistemas naturales, compactación del suelo, deforestación, desertificación, erosión y pérdida de biodiversidad entre otros (Bacab et al., 2013). Lo anterior hace necesaria la adopción de sistemas

productivos de menor impacto ambiental, sin afectar los aspectos productivos, sociales y económicos. Recientemente se han propuesto los *SSP*, estos combinan la ganadería con la silvicultura, logrando la integración de árboles maderables, frutales, arbustos forrajeros, pastos y animales en un mismo sistema con lo que se tiene disponibilidad de forraje en los períodos de escases, beneficios ecológicos y sociales, además de confort para los animales, por lo que este sistema se convierte en una alternativa prometedora en la producción ganadera (Aguirre et al., 2021). En cuanto al factor productivo González (2013) refiere que al establecer un *SSP* con *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. se tiene una capacidad de carga animal de hasta 2.6 veces más, la producción de proteína (kg/ha) es 5.8 mayor, lo que hace que se reduzca el uso de alimento complementario debido a que el *SSP* no es un sistema consumista de agroquímicos, lo que minimiza los costos de cultivo sobre cualquier cultivo tradicional, en cuanto al aspecto ambiental, en el aspecto ambiental Gálvez et al. (2019) reportó que en los *SSP* existen mayor presencia de individuos descomponedores de materia orgánica, una producción de biomasa comestible mayor (17,82 Ton MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) del *SSP* frente al sistema convencional (11,97 Ton MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y un contenido de N (0,07%), K (0,43 cmol kg<sup>-1</sup>) y MO (2,04%) mayor en el suelo y que en estos sistemas se incrementa la diversidad de especies, en el trópico encontraron un total de 38 especies entre herbáceas, arbustivas y arbóreas, pertenecientes a 25 familias y 35 géneros, siendo las familias más representativas *Fabaceae*, *Urticaceae* y *Solanaceae*, Bautista - Tolentino et al. (2011), refieren que los *SSP* encontrados en el trópico integran árboles multipropósito, los cuales están principalmente asociados a pastos nativos (*Bouteloua* spp., *Paspalum* spp. y *Axonopus* spp.) o introducidos (*Panicum maximum* Jaqc. e *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf), el ganado bovino se mantiene bajo un sistema de pastoreo continuo y en ocasiones de rotación lenta durante los meses de junio a febrero con presencia de *Bos taurus* x *Bos indicus*.

### Asociación de leguminosas – gramíneas

La asociación de cultivos es una técnica realizada desde épocas antiguas, consiste en combinar dos o más especies en la misma superficie durante parte o todo su ciclo, tiene como objetivo promover la relación complementaria entre los cultivos y aumentar la eficiencia productiva en comparación con los monocultivos (INIFAP, 2018), la combinación de especies vegetales puede ser realizada considerando diversas orientaciones productivas con base en especies de ciclo corto, perenne, cultivos hortofrutícolas, pasturas, árboles y arbustos en asociaciones simples o complejas (Tamayo y Alegre, 2022). Los principales beneficios están relacionados con un mejor uso de los recursos naturales, uso eficiente del espacio disponible, aumento y diversificación de la producción, disponibilidad de nutrientes para otras especies, manejo integrado de plagas y enfermedades, mejoramiento del bienestar animal, fertilidad del suelo y mitigación del cambio climático.

Los cultivos asociados representan una opción viable para alcanzar una agricultura sustentable e incrementar los rendimientos por unidad de área y tiempo (Colina et al., 2020) además genera ventajas agronómicas, tales como el uso intensivo de la tierra, la diversificación de cultivos y de fuentes de alimento (Pérez et al., 2013). Los *SSP* se pueden mejorar con el uso de leguminosas en asociación con gramíneas, esta asociación requiere de ciertos arreglos de siembra, para evitar efectos de competencia por espacio, luz, agua o nutrientes que provoquen el dominio o desplazamiento de alguno de los componentes botánicos, lo que aseguraría mantenerlos estables en el tiempo y en el espacio. Algunos estudios señalan que el intercalar leguminosas herbáceas, con marcos de plantación en surcos dobles el rendimiento de forraje se incrementa hasta un 16 % en comparación con el alcanzado cuando se emplean surcos sencillos. Las leguminosas, tienen la capacidad única de establecer simbiosis con bacterias como *Rhizobium etli*, lo que les permite fijar nitrógeno atmosférico y promover el crecimiento tanto de leguminosas como de no

leguminosas a través de la producción de compuestos beneficiosos (Duchen y Torres, 2021; López et al., 2021; Conn et al., 2014), esta capacidad de fijación de nitrógeno es fundamental para mejorar la fertilidad del suelo y la productividad de las especies vegetales de interés (Castro et al., 2009). La incorporación de leguminosas en *SSP* con gramíneas ha demostrado aumentar la productividad animal y mejorar el balance de nitrógeno, lo que se ve influenciado por factores como la época de distribución de las precipitaciones y la capacidad de fijación de nitrógeno de las leguminosas (Torres y Martínez, 2022; Calderón et al., 2018). Estudios han demostrado que las leguminosas presentan una mayor supervivencia en comparación con las no leguminosas en ciertos contextos, lo que destaca su importancia en términos de desempeño productivo (Alfonso et al., 2016).

La incorporación de leguminosas es importante, pues presentan un mayor contenido de proteína, en la región tropical de México se ha reportado la asociación de *Leucaena* con pasto estrella, además de Kudzú (*Pueraria thomsonii* Benth.), cacahuatillo, (*Arachis pintoi* Krapov. & Gregori.), *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze, entre otras (Enríquez et al., 2020). En otros trabajos se han asociado especies como *Urochloa decumbens* (Stapf.) R.D. Webster, *Brachiaria dictyoneura* (Fig. & De Nuf) Stapf. y *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt, con las leguminosas, *Centrosema macrocarpum* Benth. y *Desmodium ovalifolium* (Prain.) obteniendo resultados positivos (Rojas et al., 2005).

Rodríguez y Roncallo (2013) indican que al evaluar un monocultivo de pasto *Bothriochloa pertusa* L. y *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzania como testigos; y cuatro arreglos basados en *Guazuma ulmifolia* Lam. *Crescentia cujete* L., *Leucaena leucocephala* Lam. los resultados revelaron mayor producción de forraje con plantas de mayor altura en los arreglos silvopastoriles en relación con el monocultivo de *Bothriochloa pertusa* L., sin embargo, se destaca una mayor producción de materia seca en pasto guinea.

También refieren que en los arreglos silvopastoriles predominan las gramíneas en comparación con el aporte de las arbóreas en la época de verano presentando una disminución de rendimiento en época de seca, la proporción porcentual de arbóreas varía en los diferentes arreglos y se resalta que los sistemas asociados presentan sus mayores ventajas en época de sequía, temporada donde los pastos presentan bajo rendimiento y calidad nutricional. Por otra parte, Rivera et al. (2011) indican que al comparar la cantidad y calidad de la leche producida en un sistema de monocultivo de *Brachiaria* sp. y uno donde se asoció *Tithonia diversifolia* Hemsl. con pasturas renovadas de *Braquiaria brizantha* (Mochst) Stapf., *B. decumbens* Stapf. y *B. humidicola* (Rendle) Schweickt y árboles maderables en franjas de diversas especies la producción de leche en el SSP incrementó en 36.72 %.

Por lo anterior se puede inferir en que una de las alternativas para mejorar la calidad de las praderas tropicales es la introducción de leguminosas persistentes y compatibles con gramíneas pues representan una opción para solucionar el problema de la alimentación del ganado en el trópico y una alternativa viable para alcanzar una agricultura sustentable (Tamayo y Alegre, 2022).

#### Selección de especies para el establecimiento de un sistema silvopastoril

La asociación de las diferentes especies se basa en plantas nativas o introducidas seleccionadas para cada condición edafoclimática, que posean alta especificidad biológica, traducida para la eficiencia en captación de energía solar, multifuncionales y con altos rendimientos sobre la base de mínimos recursos e insumos importados (Milera, 2013). Además, es importante considerar para los estratos herbáceo y arbustivo las siguientes características: 1) características agronómicas: crecimiento rápido, adaptación a suelos de baja fertilidad, resistencia a quemas, enfermedades y plagas, producción de abundante hojarasca, producción de biomasa en época seca, alta producción de semilla y fácil

propagación, alta tasa de sobrevivencia al trasplante en campo y capacidad de asociación (Argüello et al., 2019). 2) Capacidad de asociación: asociación con arbóreas y gramíneas, sistema radicular profundo, permitir el crecimiento de otras plantas bajo su dosel. Respuesta a defoliación: Respuesta adecuada a podas y ramoneo frecuente, alta producción de rebrotes después de la defoliación. Valor nutricional y consumo: alto valor nutritivo (Cabrera et al., 2021), aceptable y palatable para el ganado, bajo contenido de metabolitos secundarios, aumento en índices productivos y reproductivos de los animales.

Por otra parte, para el estrato arbóreo se tendrán consideraciones según los servicios ambientales o subproductos que puedan generar, en este sentido se busca un aporte secundario del sistema que tenga como función proporcionar sombra, forraje, madera, leña, postes, fruta o especias.

#### Estratos de vegetación: arbóreo, arbustivo y herbáceo

La estructura de la cobertura vegetal se divide en tres estratos fundamentales; arbóreas, arbustivas y herbáceas. Las plantas pertenecientes al estrato arbóreo son plantas de gran tamaño, perennes y leñosas, el estrato arbustivo está representado por plantas perennes o bianuales con capacidad de resistir la cosecha foliar y podas frecuentes, el estrato herbáceo está conformado por plantas de cobertura. Estos estratos de vegetación en un SSP son fundamentales para comprender la dinámica y la interacción de los diferentes componentes en este tipo de sistemas. Vlassova et al., (2017) destacan la importancia de los estratos de vegetación en los ecosistemas, donde la presencia de árboles y herbáceas genera complejos mecanismos de intercambio de carbono y agua.

Cada uno de estos estratos deben de ser analizados y se deben elegir especies que cumplan con cometidos específicos dependiendo de la

región edafoclimática, características agronómicas, necesidad del productor y el mercado objetivo.

a) Estrato arbóreo: las especies a utilizar se puede subdividir en frutales, maderables, medicinales, melíferas, postes y leña, en las regiones tropicales existe una gran gama de árboles que se pueden incorporar a un *SSP* y las consideraciones para su establecimiento son orientación, distribución, circulación de aire, altura, ventilación, suelo y superficie. Algunas especies propuestas pueden ser *Acacia mangium* Willd., *Tectona grandis* L. f. (Milera, 2013), *Azadirachta indica* A. Juss., *Cordia dodecandra* A. DC., *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm., *Quercus robur* L., *Bursera simaruba* (L.) Sarg. entre otras.

b) Estrato arbustivo: el número de especies es reducida pues estas deben cumplir con características necesarias como tolerancia a la defoliación y poda, aporte nutricional relevante y capacidad de asociación. Dentro de las especies arbustivas existe una clasificación importante a considerar; leguminosas y no leguminosas, su asociación es importante en el equilibrio de nitrógeno en los agroecosistemas, sin embargo, también existen desventajas en estas especies, una de las principales es la presencia de metabolitos secundarios, estos son compuestos químicos producidos por las plantas que, aunque no son esenciales para su supervivencia, desempeñan un papel crucial en su interacción con el entorno. Estos metabolitos pueden influir en la calidad nutricional y la palatabilidad de las plantas forrajeras. Estudios como el de Varón y Granados (2012) señalan que la presencia de metabolitos secundarios en plantas forrajeras como *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. y *Tithonia diversifolia* Hemsl. puede afectar la digestibilidad y la absorción de nutrientes en los animales, lo que a su vez puede tener efectos sistémicos en su salud. Por otro lado, investigaciones como la de Méndez et al., (2022) indican que, en condiciones naturales, algunas especies de arbustos como *Phyllanthus acuminatus* Vahl producen bajas concentraciones de metabolitos secundarios de interés medicinal. Esto resalta la importancia de comprender la variabilidad en la producción de

estos compuestos en diferentes especies vegetales. Además, la identificación de metabolitos secundarios en plantas forrajeras como *Tithonia diversifolia* Hemsl. ha sido abordada en estudios como el de Gallego et al. (2016), donde se menciona que el contenido de estos compuestos no fue alto, lo que sugiere que podrían tener un impacto limitado en la palatabilidad y digestibilidad de la materia seca.

Algunas de las especies arbustivas con potencial forrajero son: *Tithonia diversifolia* Hemsl., *Cratylia argentea* (Desv.) Kunze y *Clitoria fairchildiana* R. A. Howard, *Morus* sp. y *Trichantera gigantea*, entre las leguminosas arbustivas recomendadas están: *Leucaena leucocephala* (Lam.) y *Albizia lebbeck*, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (Milera, 2013).

c) Estrato herbáceo la problemática es menor debido que existe muchos avances en el estudio de forrajes de gramíneas y en el mercado se cuentan con diversas variedades de pastos forrajeros que constituyen el mayor volumen de consumos de los animales en los *SSP* por lo que es de suma importancia la buena elección de un pasto y su mantenimiento. Una de las principales desventajas es la estacionalidad ambiental ya que se ven afectados teniendo una disminución radical en su disponibilidad en épocas secas de alrededor del 90 %. Además, estas especies disminuyen su concentración de nitrógeno dado a su rápido crecimiento que se registra generándose una fuerte dilución de nitrógeno dentro de la planta, causando que el forraje sea de mala calidad nutricional (Enríquez et al., 2024). A lo anterior se puede sumar el manejo, cuando este es inadecuado se reduce el rendimiento de la producción forrajera, afectando la disponibilidad del forraje.

**Arreglos temporales y espaciales en la agricultura**  
Combinar temporal o espacialmente diversos tipos de plantas es una práctica muy antigua, en América Latina esta práctica de siembra fue implementada en diversas regiones desde épocas prehispánicas, uno de los ejemplos más representativos antiguos

es el sistema “milpa” que integra poblaciones silvestres de maíz, frijol y calabaza (Zizumbo y Colunga, 2017) en este complejo sistema mesoamericano de policultivo se aprovecha de manera diversificada el terreno o parcela, tanto en el tiempo como en el espacio (Garibay, 2011) y cada especie tiene una función especial, así se permite un equilibrio en el ecosistema. INIFAP (2022) señala que el maíz es una planta extractora de nutrientes, el frijol restituye o fija nitrógeno atmosférico al suelo, mientras que la siembra de calabaza al expandirse en la superficie del suelo ayuda a no dejar crecer arvenses no deseadas y las flores ayudan a la atracción de polinizadores, en esta asociación se ejemplifica la relación y beneficios que otorga.

Actualmente se retoma la importancia de asociar una amplia diversidad de especies y plantas herbáceas donde los principales arreglos basados en la asociación de cultivos, algunos de estos son; asociación de cultivos agrícolas, sistemas agroforestales y *SSP* (Tamayo y Alegre, 2022).

La incorporación de arreglos temporales y espaciales en diferentes estratos de vegetación para la implementación de un *SSP* incrementa la producción, el beneficio ambiental, además se mantiene la interrelación adecuada de cada uno de sus componentes.

### Arreglos desde el enfoque espacial en los sistemas silvopastoriles

En los arreglos silvopastoriles se presentan interacciones de diversa complejidad y magnitud, la asociación puede ser sencilla empleando dos especies o complejas con la interacción de más de dos especies, se establecen en rotaciones, intercalamientos y/o cultivos en franjas, en estos sistemas los factores abióticos (luz, agua, nutrientes, temperatura), bióticos (animales, plantas, organismos vivos edáficos, otros agentes vivos) y arreglos especiales interactúan de diversas formas, produciendo efectos variables.

Para los arreglos se tiene que considerar la estructura de los tres estratos que conforman un *SSP*, se recomienda que el estrato arbóreo sea establecido como cercas vivas y/o de forma dispersa para proveer de sombra, fruta, especias, madera, leña, también se permite la formación de vías de tránsito y hábitat de la fauna silvestre (Delgado et al., 2021; López et al., 2021; Ramírez et al., 2021) pues la interacción entre la fauna silvestre y los *SSP* es crucial para comprender cómo estas prácticas afectan a los ecosistemas. Estudios han demostrado que la fauna silvestre se ve afectada por factores como la fragmentación de hábitats generando impactos negativos en la población de animales, por lo que estos sistemas pueden aportar a disminuir este impacto (Rosero et al., 2021; Ossa et al., 2015).

En la actualidad existen una gran cantidad de arreglos espaciales en los *SSP*, con sus características particulares y con beneficios de su implementación (**Tabla I**).

El arreglo espacial rectangular sugiere priorizar la incorporación de leguminosas, los cultivos se organizan en hileras rectas o en patrones rectangulares para optimizar el espacio y facilitar el cultivo y la cosecha. Este método permite un uso eficiente de la tierra y los recursos, facilitando el manejo de los cultivos y la realización de tareas agrícolas como deshierbe, riego y cosecha.

**Tabla I.** Distancias y densidades de siembra de árboles por hectárea, en sistemas de siembra al tresbolillo, cuadrado y rectángulo.

Espaciamiento empleado según el uso de las plantaciones (m)	“Tresbolillo” (número de plantas $ha^{-1}$ )	En cuadro y en rectángulo (plantas $ha^{-1}$ )
1×1	11,547	10,00
2×2	2,887	2,500
2×3	1,924	1,666
2.5×3	1,540	1,333
3×3	1,283	1,111
3×4	962	833
4×4	722	625
5×5	462	400

Fuente: Bueno y Guillermo (2012).

Otro arreglo es el “tres bolillo”, en este se planta en forma de zigzag lo que permite optimizar el espacio con una mayor densidad de árboles por unidad de área que consiste en sembrar tres o más hileras y dejar callejones de 15 m a 20 m entre las franjas, que corresponde a las áreas de pastoreo mientras los árboles se desarrollan y se evita que las raíces compitan duplicando el número de plantas por el número de hileras, en cada uno de estos diseños se establece la distancia y densidad de siembra (Bueno y Guillermo, 2012). El arreglo cinco de oros podría sugerir un patrón de siembra que involucra tres hileras de un cultivo, donde cada hilera represente se encuentra intercalada, este patrón puede tener beneficios prácticos, como maximizar la exposición a la luz solar, mejorar la circulación del aire o mejorar el rendimiento de los cultivos mediante el uso eficiente del espacio.

Las distancias de siembra varían de acuerdo con la especie, tipo de producto o función que defina el productor de acuerdo con su sistema de producción (**Tabla I**).

Saucedo (2020) refiere que los arreglos con árboles en callejones y árboles dispersos registran menor variabilidad en los parámetros ambientales, reflejando que las bondades que ofrece el componente arbóreo guardan relación con la densidad de árboles y la cobertura que se logra a través de su copa. Se recomienda establecer arbustos con potencial forrajero en forma de callejones para la fácil administración del pastoreo,

es importante dar manejo a la altura de planta para que pueda ser de fácil cosecha por los animales en el proceso de defoliación (Angel y Morales, 2023; Saucedo et al., 2020; Gargoloff et al., 2016).

Por otra parte, Merma y Julca (2012) señalan que en los policultivos los arreglos espaciales más representativos son los cultivos asociados, cultivos intercalados, multiestrato desordenado, cultivos de borde y cultivos en franjas. La preferencia por los policultivos radica en que es una estrategia de diversificación de productos en el campo, los principales cultivos son de hábito perenne que requieren de árboles de sombra y la vegetación natural del ecosistema tropical se regenera y mantiene una foresta boscosa.

Algunos de los arreglos espaciales en los *SSP* son los siguientes: a) arreglo disperso: los árboles y arbustos endémicos crecen de forma natural, no presenta una lógica para el establecimiento, estas especies atraen fauna dispersora de semillas y ofrecen condiciones microambientales propicias para la germinación y crecimiento de plántulas de diversas especies. El productor lo deja en el predio por que otorga algún beneficio, este puede ser sombra, cercos vivos, postes, forraje, madera o alimento.

b) Arreglo en borde: las especies arbóreas y arbustivas se establecen en el perímetro del predio cumpliendo la función de cercos vivos, suministrar forraje, madera, frutos, evitar la erosión del suelo, también funcionan como corredores locales donde

pueden habitar tanto fauna como flora (Morantes y Renjifo, 2018).

### Arreglos desde el enfoque temporal en los sistemas silvopastoriles

En el trópico la producción de especies forrajeras se caracteriza por una alta estacionalidad, lo que ocasiona cambios en la productividad por variaciones ambientales (Portillo et al., 2019), la época de siembra es decisiva para lograr una respuesta positiva en la productividad, para elegir la fecha de establecimiento es necesario conocer las condiciones ambientales de la región (Bolaños et al., 2020). Una de las formas más efectivas para incrementar y mejorar la producción y productividad del ganado es la selección de especies forrajeras de gramíneas y leguminosas con potencial de producción, persistencia y adaptación a las más diversas condiciones climáticas y edáficas, por lo que es importante contemplar los enfoques de la temporalidad en la producción de los forrajes donde se tiene que uniformizar el manejo dentro del pastoreo, aplicar el pastoreo rotacional, mantener la producción de los forrajes y la vida productiva de las plantas (Bautista et al., 2022; Jurado et al., 2021; Laiton et al., 2021). Para lograrlo es necesario que las plantas de los estratos involucrados en la producción de forrajes tengan similar el tiempo de cosecha principalmente el estrato herbáceo y arbustivo, en las diferentes épocas del año.

Por esta razón, se recomienda enfocar los esfuerzos de investigación a estudiar la adaptación y producción estacional de germoplasma de herbáceas y arbustivas. Esta información será de gran utilidad para el aumento de la producción de forraje, ya que el *SSP* estudiado es complementario a los sistemas tradicionales locales de producción de forraje.

Finalmente, es esencial evaluar las implicaciones económicas, ambientales y de bienestar animal de la adopción de los *SSP* para más arreglos y condiciones agroecológicas según las características de cada región o localidad (Chará et al., 2020).

### COMENTARIOS FINALES

Los sistemas silvopastoriles ofrecen un modelo prometedor para la gestión y uso adecuado de los recursos naturales en la ganadería retomando las prácticas agrícolas de asociación de cultivos y la interacción entre los componentes del sistema, Además coadyuva en servicio ambientales como recuperación de suelos, captura de carbono, por mencionar algunos, en el aporte a la economía del productor al diversificar el sistema y obtener diferentes productos. Para el establecimiento de los sistemas silvopastoriles se tienen que considerar las condiciones edafoclimáticas, así como las características de las especies a establecer tomando en cuenta la disposición y densidad de plantación en la búsqueda de un aumento en el rendimiento.

### REFERENCIAS

- Aguirre, F.S., Nelson, V., Piraneque, G.C. & Abaunza, S.F. (2021). Especies con potencial para sistemas agroforestales en el Departamento del Magdalena, Colombia. *Información Tecnológica*, 32(5), 13-28. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000500013>
- Alfonso, C., Riverol, M., Porras, P., Cabrera, E., Llanes, J., López, H.J. & Somoza, V. (2016). Las asociaciones maíz-leguminosas: su efecto en la conservación de la fertilidad de los suelos. *Agronomía Mesoamericana*, 8(1), 65-73. <https://doi.org/10.15517/am.v8i1.24732>
- Angel, H.A. & Morales, F.S. (2023). Sistemas silvopastoriles intensivos donde se incorporen arbustos forrajeros como opción a la sustentabilidad ganadera en la Región Centro del estado de Veracruz. *Jóvenes de la Ciencia*, 6, 1-6.
- Arciniegas, T.S. & Flórez, D.D. (2018). Estudio de los sistemas silvopastoriles como alternativa para el manejo sostenible de la ganadería. *Ciencia y Agricultura*, 15(2), 107-116. <https://doi.org/10.19053/01228420.v15.n2.2018.8687>
- Argüello, R.J., Mahecha, L.L. & Angulo, A.J. (2019). Arbustivas forrajeras: importancia en

- las ganaderías de trópico bajo Colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 899-915. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.35136>
- Bacab, H.M., Madera, N.B., Solorio, F.J., Vera, F. & Marrufo, D.F. (2013). Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(3), 67-81.
- Bautista, G.G., López, O.S., Hernández, P., Cuevas, F., Ortega, J.E. & Collado, C. (2022). Estudio preliminar del pastoreo racional voisín como herramienta para mejorar las condiciones del suelo después del pastoreo extensivo. *Revista Terra Latinoamericana*, 40, 1-12. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.893>
- Bautista-Tolentino, M., López-Ortíz, S., Pérez-Hernández, P., Vargas-Mendoza, M., Gallardo-López, F. & Gómez-Merino, F.C. (2011). Sistemas agro y silvopastoriles en la comunidad el Limón, municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 63 - 76
- Bermúdez, C. and Mendieta-Araica, B. (2022). Sistemas silvopastoriles: una alternativa para la ganadería bovina sostenible. *La Calera*, 22(38). <https://doi.org/10.5377/calera.v22i38.14193>
- Bolaños, A.E., Enríquez, Q.J. & Fragoso, I.A. (2020). *Paquete tecnológico para el establecimiento de praderas tropicales*. INIFAP. pp 1-38. [https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/\\_Content?=/12291](https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content?=/12291)
- Bueno, G. & Guillermo, A. (2012). Sistemas silvopastoriles, arreglos y usos. *Rev. Sist. Prod. Agroecol.*, 3(2), 56-83. <https://doi.org/10.22579/22484817.604>
- Cabrera, N.A., Lammoglia, V.M., Alarcón, P.S., Martínez, S.C., Rojas, R.R. & Velázquez, J.S. (2021). Árboles y arbustos forrajeros utilizados para la alimentación de ganado bovino en el norte de Veracruz, México. *Abanico Veterinario*, 9, 1-11. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2019.913>
- Calderón, S., Fernández, J., Pezo, D. & Calderón, R. (2018). Asociación de cultivos, maíz y leguminosas para la conservación de la fertilidad del suelo. *Revista de Investigación Ciencia Tecnología y Desarrollo*, 4(1), 15-22. <https://doi.org/10.17162/rictd.v4i1.1068>
- Castro, R., Mojica, E., León, J., Pabón, M., Carulla, J. & Cárdenas, E. (2009). Balance de nitrógeno en pastura de gramíneas y pastura de gramínea más *Lotus uliginosus* en la sabana de Bogotá, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 10(1), 91-101. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol10\\_num1\\_art:133](https://doi.org/10.21930/rcta.vol10_num1_art:133)
- Chará, J., Reyes, E., Peri, P., Otte, J., Arce, E. & Schneider, F. (2020). *Sistemas silvopastoriles y su contribución al uso eficiente de los recursos y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Evidencia desde América Latina*. CIPAV, FAO & Agri Benchmark, Editorial CIPAV, Cali, 60 pp. <https://cipav.org.co/wp-content/uploads/2020/09/SSP-contribucion-uso-efic-recursos.pdf>
- Colina, A.M., Nava, J.C., Rodríguez, Z.F., Portillo, P.E., Martínez, S.J. & Faría, A. (2020). Evaluación del comportamiento de los cultivos de yuca, maíz y topocho bajo distintas asociaciones. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 37, 112-128.
- Conn, L., Pérez, A., Ramírez, M. & Franco, M. (2014). Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la viabilidad de bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno utilizadas en la elaboración de inoculantes biológicos para arveja (*Pisum sativum*) y soya (*Glycine max*). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 16(2), 45-56. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v16n2.47244>
- Delgado, G., Zárate, F., Chirinos, J., Espilco, P., Bojorquez, J., Egoavil, D. & Delgado, J. (2021). Efecto de *Acacia macracantha* en las propiedades físicas y químicas del suelo en un sistema silvopastoril. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(3), 15-22. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i3.20389>

- Duchen, D. & Torres, J. (2021). Interacción de bacterias y plantas en la fijación del nitrógeno. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 8(2), 87-101.  
<https://doi.org/10.53287/uyxf4027gf99e>
- Enríquez, Q.J., Esqueda, E.V. & Bolaños, A.E. (2020). Leguminosas forrajeras para mejorar la alimentación de bovinos en el trópico de México. INIFAP.  
[https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/\\_Content?=/12288](https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content?=/12288)
- Enríquez, Q.J.F., Bolaños, A.E.D., Fragoso, I.A., Montero, L.M. & Vinay, V.J.C. (2024). Ganancias de peso del ganado en pastoreo en la época seca en el trópico de México: Ganancias de peso del ganado en pastoreo en la época seca en México. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 7(1), 38-48.  
<https://doi.org/10.34188/bjaerv7n1-003>
- Gallego, C.L., Mahecha, L.L. & Angulo, A.J. (2016). Calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* hemsl. a gray bajo tres sistemas de siembra en el trópico alto. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 213.  
<https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21671>
- Gálvez, C.A.L., Apráez, G. J.E., Apráez M. J.J., Ruales E. F. R. (2019). Implementación y evaluación de un sistema silvopastoril en el Chocó biogeográfico colombiano. *Revista FAGROPEC*, 11(2), 129. DOI. 10.47874/fagropec.v11n2a6
- Gargoloff, N., Blandi, M., Sarandón, S. & Cavalcante, M. (2016). Prácticas, conocimientos y percepciones que dificultan la conservación de la agrobiodiversidad. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 13(78), 97-122.  
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdri3-78.pcfd>
- Garibay, R.M. (2011). *Maíz criollo, milpa y agrobiodiversidad*. Ciencia y Desarrollo. CONACYT.  
<https://www.cyd.conacyt.gob.mx/archivo/255/articulos/maiz-criollo-milpa-y-agrobiodiversidad.html>
- González, J. M. (2013). Costos y beneficios de un sistema silvopastoril intensivo (sspi), con base en *Leucaena leucocephala* (Estudio de caso en el municipio de Tepalcatepec, Michoacán, México). *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(3), 35-50
- Hernández, H.M., López, O.S., Jarillo, R.J., Ortega, J.E., Pérez, E.S., Díaz, R.P., & Crosby G.M.M. (2020). Rendimiento y calidad nutritiva del forraje en un sistema silvopastoril intensivo con *Leucaena leucocephala* y *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(1), 53-69.  
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4565>
- Ibarra, F.F., Martín, R.M., Moreno, M.S., Ibarra, M.F. & Retes, L.R. (2018). Cambios de vegetación y costos asociados con el continuo sobrepastoreo del ganado en el pastizal mediano abierto de cananea, Sonora, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 42, 855-866.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). (2022). Milpa en Transición Agroecológica. *Un sistema ancestral*.  
<https://www.gob.mx/inifap/articulos/milpa-en-transicion-agroecologica>
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). (2018). *La asociación de cultivos de frijol y cítricos es una alternativa conveniente en plantaciones jóvenes que aún no empiezan a producir, ya que el aprovechamiento del suelo es óptimo en el consumo de nutrientes*.  
<https://www.gob.mx/inifap/prensa/alternativa-para-impulsar-plantaciones-jovenes-inifap>
- Jurado, G.P., Velázquez, M.M., Sánchez, G.R., Álvarez, H.A., Martínez, P., Gutiérrez, L.R. & Chávez, R.M. (2021). Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: estatus actual, retos y perspectivas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12, 261-285.  
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5875>
- Laiton, M.J., Nery, V. & Granados, M.J. (2021). Evaluación de tres especies de *Brachiaria* spp. con pastoreo rotacional para ceba bovina.

- Orinoquia, 25(1), 15-22.  
<https://doi.org/10.22579/20112629.652>
- Lezcano, M., Lezcano, C., Diaz, S., & Ortiz, M. (2020). Contenido de materia orgánica en suelos de sistemas silvopastoriles establecidos en el chaco central paraguayo. *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 25(2), 131-143.  
<https://doi.org/10.32480/rscp.2020.25.2.131>
- López, A., Serrano, A., Cruz, J., Galarza, C., & Castro, F. (2020). Indicadores de bienestar animal en vacas lecheras en un sistema silvopastoril del trópico alto colombiano. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(4), e16871.  
<https://doi.org/10.15381/rivep.v31i4.16871>
- López, P., Meneses, B.D., Burbano, E., Nisivoccia, M. & Rincón, E. (2021). Valor nutritivo de mezclas forrajeras en épocas seca y de lluvias en nariño, colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 32(2), 556-572.  
<https://doi.org/10.15517/am.v32i2.43207>
- Martínez-Atencia, J., Osorio-Vega, N., León-Peláez, J., Cajas-Girón, Y., Contreras-Santos, J., & Berrio-Guzman, E. (2023). Retorno potencial de nutrientes vía hojarasca foliar en sistemas silvopastoriles en el norte de Colombia. *Agronomía Costarricense*, 47(1).  
<https://doi.org/10.15517/rac.v47i1.53946>
- Méndez, R., Quesada, K. & Garro, M.G. (2022). Cultivo in vitro de raíces pilosas del arbusto *Phyllanthus acuminatus* (Phyllanthaceae). *Revista de Biología Tropical*, 70(1), 647-657.  
<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v70i1.49227>
- Merma, I. & Julca, A. (2012). Tipología de productores y sostenibilidad de cultivos en Alto Urubamba, La Convención – Cusco. *Scientia Agropecuaria*, 3(2), 149-159.
- Milera, M. (2013). Contribución de los sistemas silvopastoriles en la producción y el medio ambiente. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(3), 7-24.
- Morantes, T.J. & Renjifo, L.M. (2018). Cercas vivas en sistemas de producción tropicales: una revisión mundial de los usos y percepciones. *Revista de Biología Tropical*, 66(2), 739-753.  
<http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33405>
- Moreno, M.S., Ibarra, F.F., Martín, R.M. & Moreno, Á.R. (2017). Impacto económico del deterioro de los recursos naturales asociados con la eficiencia de la reproducción ganadera. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 21(40), 649-659.
- Muñoz, G.J., Huerta, B.M., Lara, B.A., Rangel, S.R. & De la Rosa, A.J. (2016). Producción y calidad nutrimental de forrajes en condiciones del Trópico Húmedo de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 16, 3315-3327.
- Ossa, V., Ossa, N.O. & Medina, B.E. (2015). Atropellamiento de fauna silvestre. *Revista Colombiana de Ciencia Animal Recia*, 7(1), 109-116.  
<https://doi.org/10.24188/recia.v7.n1.2015.430>
- Pérez, A., Martínez, E., Vélez, L. & Cotes, J. (2013). Acumulación y Distribución de Fitomasa en el Asocio de Maíz (*Zea mays L.*) y Frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, Colombia*, 66(1), 6865-6880.
- Portillo, L.P., Meneses, B.D., Morales, M.S., Cadena, G.M. & Castro, R.E. (2019). Evaluación y selección de especies forrajeras de gramíneas y leguminosas en Nariño, Colombia. *Pastos y Forrajes*, 42(2), 93-103.
- Quiroz, B., Ortega, G., Romero, N., & Ortega, C. (2021). Ganadería en sistemas de producción silvopastoril. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias -Fagropec*, 13(2), 156-168.  
<https://doi.org/10.47847/fagropec.v13n2a7>
- Ramírez, P., Aponte, A., Díaz, G., Piña, C. & Román, R. (2021). Análisis del marco jurídico para la creación de una unidad de manejo ambiental en México. *Revista Biológico Agropecuario Tuxpan*, 9(1), 01-15.  
<https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v9i1.336>
- Rivera, J.E., Arenas, F.A., Cuartas, C.A., Naranjo, J.F., Tafur, A.O., Hurtado, E., Gacharna, N.,

- Zambrano, F. & Murgueitio, R.E. (2011). Producción y calidad de leche bovina en un sistema de pastoreo en monocultivo y un sistema silvopastoril intensivo (SSPi) compuesto de *Tithonia diversifolia* bajo ramoneo directo, *Brachiaria* spp. y árboles maderables en el piedemonte amazónico. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24(3), 524. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.324710>
- Rodríguez, F.G. & Roncallo F.B. (2013). Producción de forraje y respuesta de cabras en crecimiento en arreglos silvopastoriles basados en *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena leucocephala* y *Crescentia cujete* *Corpoica*. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 14(1), 77-89.
- Rojas, H.S., Olivares, P.J., Jiménez, G.R. & Hernández, C.E. (2005). Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 6(5), 1-20.
- Rosales, H., Cevallos, E., Cevallos, F., & Peñafiel, G. (2020). Influencia de los sistemas silvopastoriles en la conducta alimentaria de vacas lecheras holstein. *Sathiri*, 15(2), 199-206. <https://doi.org/10.32645/13906925.988>
- Rosero, D., Benavides, R.H., Carvajal, P.L. & Revelo, S.G. (2021). Análisis de las poblaciones edáficas en suelos con sistemas silvopastoriles dedicados a la producción lechera, en la finca San Vicente, El Carmelo, Ecuador. *Revista Criterios*, 28(2), 85-194. <https://doi.org/10.31948/rev.criterios/28.2-art12>
- SAADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). (2024). *La ganadería en México, un orgullo nacional*. La Ganadería en México: Un Orgullo Nacional | Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | Gobierno | gob.mx ([www.gob.mx](http://www.gob.mx))
- Santos, J., Atencia, J., Torres, J., & Guzmán, C. (2019). Evaluación del carbono acumulado en suelo en sistemas silvopastoriles del caribe colombiano. *Agronomía Costarricense*, 44(1), 29-41. <https://doi.org/10.15517/rac.v44i1.39999>
- Saucedo, J., Oliva, M., Maicelo, J.L., Quispe, H. & Meléndez, J.B. (2020). Arreglos silvopastoriles con especie arbórea *Alnus acuminata* (aliso) y su efecto sobre los factores ambientales de sistemas ganaderos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 46(3), 323-328.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2022). *¿Qué cifras se esperan de la actividad pecuaria en 2022?* <https://www.gob.mx/siap/articulos/que-cifras-se-esperan-de-la-actividad-pecuaria-en-2022?idiom=es>
- Sotelo, M., Suárez, S.J., Álvarez, F., Castro, N.A., Calderón, S.V. & Arango, J. (2017). *Sistemas sostenibles de producción ganadera en el contexto amazónico-Sistemas silvopastoriles: ¿una opción viable?* Publicación CIAT No. 448. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <https://hdl.handle.net/10568/89088>
- Tamayo, O.C. & Alegre, O.J. (2022). Asociación de cultivos, alternativa para el desarrollo de una agricultura sustentable. *Revista SIEMBRA*, 9(1), 2-21. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3287>
- Torres, J. & Martínez, G.C. (2022). Supervivencia de 12 especies de árboles nativos en plantaciones de restauración en la selva estacionalmente seca. *Botanical Sciences*, 100(2), 314-330. <https://doi.org/10.17129/botsci.2878>
- Varón, L. & Granados, J. (2012). Interrelación entre el contenido de metabolitos secundarios de las especies *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia* y algunas propiedades físicoquímicas del suelo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 3(1), 53-62. <https://doi.org/10.22490/21456453.934>

Vlassova, L., Tufiño, P. & Llovería, R. (2017). Variabilidad espacio-temporal de la temperatura de superficie en ecosistemas de dehesa estimada mediante imágenes landsat tm: el papel del arbolado. *Geographicalia*, 68, 69-86.  
[https://doi.org/10.26754/ojs\\_geoph/geoph.2016681582](https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2016681582)

Zizumbo, V.D. & Colunga, G.P. (2017). La milpa del occidente de Mesoamérica: profundidad histórica, dinámica evolutiva y rutas de dispersión a Suramérica. *Revista de Geografía Agrícola*, 58, 33-46.