











Acta Botanica
Mexicana

Sistemas silvopastoriles enriquecidos: una propuesta para integrar la conservación en la producción ganadera en comunidades rurales de Los Tuxtlas, México

Enriched silvopastoral systems: a proposal for integrating conservation into livestock production in rural communities in Los Tuxtlas, Mexico

Marinés de la Peña-Domene^{1,2,6} , Luz María Ayestarán-Hernández^{2,3} , José Flavio Márquez-Torres^{2,3} ,
Fernando Martínez-Monroy^{2,4} , Edith Rivas-Alonso^{2,3} , Patricia Valentina Carrasco-Carballido^{2,3} ,
Miguel Neftalí Pérez-Cruz² , Frankis Antonio Chang Landa⁵, Cristina Martínez-Garza³ 

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: La producción ganadera es la principal causa de destrucción del hábitat y de la extinción de especies a nivel mundial. Es también un fuerte contribuyente a las emisiones de gases de efecto invernadero. En Latinoamérica, la ganadería es la principal actividad económica de muchas comunidades rurales, por lo que establecer plantaciones de restauración en pastizales podría brindar servicios ecosistémicos con beneficios directos e indirectos sobre la producción de ganado. Los sistemas silvopastoriles alcanzan niveles de producción iguales o superiores a los sistemas convencionales y prolongan la vida útil de las tierras productivas. Este trabajo examina la integración de sistemas silvopastoriles con la restauración con árboles nativos de importancia económica y para la conservación. Nos referimos a estas parcelas como sistemas silvopastoriles enriquecidos (SSPE). Presentamos los resultados de las primeras etapas de establecimiento de estos sistemas que buscan mejorar los medios de vida de los ganaderos y a mantener la conectividad del paisaje, los servicios ecosistémicos y la conservación de especies de la selva tropical.

Métodos: En 2016, establecimos SSPE en una parcela piloto en Los Tuxtlas, México, plantando 16 especies de árboles nativos y *Leucaena esculenta* (DC.) Benth. como árbol forrajero. Paralelamente, se condujeron talleres de alternativas ganaderas en el ejido de Balzapote para incrementar las posibilidades de incidencia social.

Resultados clave: La sobrevivencia de los árboles plantados fue en promedio de 40.7%. La parcela demostrativa ha servido para acercar a los agricultores a diferentes alternativas más productivas. Observamos una reducción en los costos de mantenimiento debido a que los productores no dependen de insumos externos.

Conclusiones: Como resultado de la implementación del SSPE, la producción ganadera mejoró, lo que resulta en una disminución en el uso de agroquímicos. Los SSPE brindan complejidad al paisaje que dará como resultado sistemas más resilientes frente al cambio climático.

Palabras clave: conectividad del paisaje, conservación, especies forrajeras, producción ganadera, restauración.

Abstract:

Background and Aims: Livestock production is the main cause of habitat destruction and species extinction worldwide. It is also a strong contributor to greenhouse gas emissions. In Latin America, cattle ranching is the main economic activity of many rural communities, so establishing restoration plantations in pastures could provide ecosystem services with direct and indirect benefits for cattle production. Silvopastoral systems reach production levels equal to or higher than conventional systems and prolong the useful life of productive land. This paper examines the integration of silvopastoral systems with restoration with native trees of economic and conservation importance. We refer to these plots as enriched silvopastoral systems (ESPS). We present the results of the first stages of establishment of these systems which seek to improve the livelihoods of ranchers and to maintain landscape connectivity, ecosystem services, and the conservation of tropical forest species.

Methods: In 2016, we established ESPS in a pilot plot in Los Tuxtlas, Mexico, planting 16 native tree species and *Leucaena esculenta* (DC.) Benth. as a fodder tree. At the same time, workshops on livestock alternatives were held in the ejido of Balzapote to increase the possibilities of social incidence.

Key results: The survival of the planted trees was on average 40.7%. The demonstration plot has served to bring farmers closer to different more productive alternatives. We observe a reduction in maintenance costs because the producers are not dependent on external supplies.

Conclusions: As a result of the implementation of the ESPS, livestock production improved, resulting in a decrease in the use of agrochemicals. ESPS will bring complexity to the landscape resulting in more resilient systems in the face of climate change.

Key words: conservation, forage species, landscape connectivity, livestock production, restoration.

¹Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, Centro Interdisciplinario para la Formación y Vinculación Social (CIFOVIS), Periférico Sur Manuel Gómez Morín #8585, 45604 Tlaquepaque, Jalisco, México.

²Paisajes Manejo Integral A.C., Av. Insurgentes 229, Col. Emiliano Zapata, 62744 Cuautla, Morelos, México.

³Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIByC), Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, 62209 Cuernavaca, Morelos, México.

⁴Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB), Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s.n., Casco de Santo Tomás, Azcapotzalco, 11340 Cd. Mx., México.

⁵C. del Estero s.n., 95807 Ejido Balzapote, Veracruz, México.

⁶Autor de correspondencia: marinespd@iteso.mx

Editor para la sección: Moisés Méndez Toribio.

Recibido: 16 de septiembre de 2021.

Revisado: 29 de septiembre de 2021.

Aceptado por Moisés Méndez Toribio: 10 de mayo de 2022.

Publicado Primero en línea: 13 de junio de 2022.

Publicado: Acta Botanica Mexicana 129 (2022).



Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional).

Citar como: de la Peña-Domene, M., L. M. Ayestarán Hernández, J. F. Márquez Torres, F. Martínez Monroy, E. Rivas Alonso, P. V. Carrasco Carballido, M. N. Pérez Cruz, F. A. Chang Landa y C. Martínez-Garza. 2022. Sistemas silvopastoriles enriquecidos: una propuesta para integrar la conservación en la producción ganadera en comunidades rurales de Los Tuxtlas, México. Acta Botanica Mexicana 129: e1925. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.1925>

e-ISSN: 2448-7589



Introducción

El aumento de los niveles de presión de uso como resultado de prestar servicios ecosistémicos, sociales y ambientales afectan los bosques en todo el mundo (p. ej., [Paquette y Messier, 2010](#); [Zepeda Cancino et al., 2016](#)). A pesar de que los bosques tropicales cuentan con la mayor biodiversidad de todos los ecosistemas terrestres ([Turner, 1996](#); [Dirzo, 2001](#)), la actividad agropecuaria ha deforestado más de la mitad de estos a nivel mundial ([Myers, 1991](#); [Bryant et al., 1997](#); [Karancsi, 2010](#)). A pesar de que las actividades agropecuarias han sido consideradas como la antítesis de la biodiversidad ([Perfecto y Vandermeer, 2010](#)), de manera paralela, la demanda mundial de alimentos está aumentando ([Green et al., 2005](#)), lo que fomenta su práctica.

La actividad ganadera genera paisajes altamente fragmentados, dentro de los cuales se incluyen granjas, remanentes de bosques y pequeños parches de hábitat ([Houghton, 1994](#); [Ojima et al., 1994](#); [Montagnini y Jordan, 2005](#)). Además, las actuales prácticas agropecuarias a nivel mundial socavan la capacidad de los ecosistemas para producir alimentos, mantener el agua dulce y los recursos forestales, regular el clima y la calidad del aire, y controlar las enfermedades infecciosas ([Foley et al., 2005](#)). Debido a esta problemática global, es necesario proponer soluciones viables que permitan la coexistencia de la biodiversidad con las actividades productivas.

La situación en América Latina no es distinta a la que se presenta en el resto del mundo. En esta región, vastas extensiones de selva tropical se han convertido en pastizales ganaderos que afectan los procesos y servicios ecosistémicos. Adicionalmente, las prácticas agropecuarias actuales, junto con los pastizales, ocupan cerca de 40% del territorio ([Ramankutty y Foley, 1999](#); [Asner et al., 2004](#); [Foley et al., 2005](#); [Karancsi, 2010](#)).

Si bien han surgido esfuerzos de conservación centrados en la protección de los remanentes de los bosques, estos pasan por alto la contribución potencial de los paisajes agropecuarios permanentes para la preservación de la biodiversidad que, de contar con un manejo adecuado, podría ver disminuido su impacto negativo ([Vandermeer y Perfecto, 2007](#)). Para recuperar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, las plantaciones de restauración y la regeneración asistida ([Chazdon y Guariguata, 2016](#)), juegan

un papel cada vez más importante ([Lamb et al., 2005](#)). En este sentido, la ecología de la restauración, como ciencia emergente, presenta como retos la aceleración de la sucesión natural y la reconexión del paisaje fragmentado por las actividades agropecuarias permanentes ([Martínez-Garza y Howe, 2003](#)). La resolución de estos retos permitiría conciliar las necesidades productivas y de conservación frente a los posibles escenarios de cambio global, incluyendo las necesidades económicas y sociales de los pobladores locales.

No resulta adecuado suponer que la producción extensiva de ganado desaparecerá, pues está profundamente arraigada en las economías rurales y en la cultura de la mayoría de los países latinoamericanos ([Montagnini, 2015](#)). Esta actividad puede, sin embargo, transformarse para disminuir su impacto. Debido a la gran extensión que ocupan las ganaderías convencionales y a su importancia social y económica, [Perfecto y Vandermeer \(2010\)](#) afirman que la matriz agrícola es quizás el hábitat más importante en el que deben centrarse los esfuerzos de conservación. En este escenario, es urgente transformar los sistemas de pastoreo convencionales para que estos sean más productivos y respetuosos con el medio ambiente ([Murgueitio et al., 2011](#)). Como alternativa a la producción convencional de alimentos, se sugiere mantener tanto parches de vegetación nativa de alta diversidad como sistemas agrícolas sostenibles a pequeña escala para formar un paisaje integrado ([Perfecto y Vandermeer, 2010](#)).

Sistemas de pastoreo

En términos generales, los sistemas silvopastoriles (SSP) incluyen tanto cultivos de árboles y pastos, como la producción de forrajes. En contraste, los sistemas agrosilvopastoriles (SASP) combinan el ganado doméstico con cultivos, arbustos con múltiples propósitos, arboledas o árboles forrajeros ([Nair, 1985](#)). Dentro de estos sistemas existen distintos subtipos que varían de acuerdo con: (i) las características funcionales, es decir, los componentes de los árboles y los arbustos; (ii) las funciones productivas, como cultivos, alimentos, forrajes y fibras producidas; (iii) las funciones protectoras, como la conservación del suelo, los cortavientos y la mejora de la fertilidad ([Nair, 1985](#); [Powell et al., 2015](#)). Uno de los primeros pasos para el empleo de los SASP consiste en definir y propagar las especies forrajeras





presentes en las diferentes localidades (ver Román-Miranda et al., 2004; Hermosillo González et al., 2008; Bautista-Tolentino et al., 2011; Olivares-Pérez et al., 2016). Las investigaciones dentro de los SASP abordan desde la evaluación de la fauna (ver González-Valdivia et al., 2014; Ramírez-Barajas et al., 2019), la estimación y comparación del rendimiento del ganado (ver García Martínez et al., 2018), hasta la evaluación de los SASP como estrategia para la mitigación al cambio climático (ver Alayon-Gamboa et al., 2016). Los beneficios observados a partir de estos sistemas establecidos en una amplia gama de contextos y el reconocimiento de las principales barreras para su adopción nos demuestran la necesidad de contar con programas institucionales e iniciativas globales que impulsen y financien su establecimiento para que puedan ser ampliamente implantados como una alternativa de producción sustentable y adaptación al cambio climático.

En el contexto tropical, los SSP y los SASP han brindado resultados positivos para los productores y el medio ambiente, a pesar de las barreras que se imponen debido al bajo capital económico y la falta de asistencia técnica (Zepeda Cancino et al., 2016). En Latinoamérica, los SSP, dedicados principalmente a la cría de ganado bovino, se han utilizado desde hace más de dos décadas en Costa Rica, Colombia y Nicaragua; y se han extendido a países como Brasil, México, Perú y Argentina (Zepeda Cancino et al., 2016). Recientemente, en México los SSP y los SASP se han utilizado en los estados de Chiapas, Michoacán, Quintana Roo, Tabasco y Veracruz (revisado en Palma, 2006; Maldonado et al., 2008). En Veracruz, en particular, se encuentran algunas aplicaciones de SSP, dentro de las cuales destaca la de Santa Marta, en la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas. En esta localidad, se establecieron SSP en el área del volcán y se mostró que estos son más rentables que un sistema convencional. Además, se obtuvieron efectos positivos en la provisión de servicios ecosistémicos (Ávila-Foucat y Revollo-Fernández, 2014). Si bien en la región de Los Tuxtlas se cuenta con algunas iniciativas de SSP, en su mayoría no cuentan con un proyecto enfocado hacia la restauración ambiental, sino hacia la producción agropecuaria *per se*.

Sistemas Silvopastoriles Enriquecidos (SSPE)

Recuperar la conectividad dentro del paisaje agrícola es un componente clave para combinar la producción de alimen-

tos con la conservación (de la Peña-Domene et al., 2016; Calle D. et al., 2017). Basado en experiencias previas en parcelas permanentes de restauración en Los Tuxtlas (Martínez-Garza et al., 2009; de la Peña-Domene et al., 2013, 2014; Rivas-Alonso et al., 2021), así como en diversos estudios (Calle et al., 2009; Murgueitio et al., 2011; Montagnini et al., 2013; Cuartas Cardona et al., 2014), en el presente trabajo identificamos cuatro componentes que, en conjunto, representan un esquema de desarrollo sostenible en el trópico húmedo mexicano.

El primer componente consta de un sistema de rotación intensiva para la crianza del ganado que combina pastos y árboles forrajeros. Los beneficios directos de este componente son: (i) la maximización de la producción ganadera por medio del incremento de la cantidad de forraje disponible para el libre pastoreo del ganado y la reducción del área requerida para su producción, (ii) la provisión al ganado de una dieta balanceada que mejore su salud, y (iii) la reducción de los costos de producción como consecuencia de requerir menos insumos externos para mantener el ganado (Murgueitio et al., 2011). En relación con la producción ganadera, estudios llevados a cabo en la Finca El Hatíco, en Colombia (Molina et al., 2006), señalan que después de dos años y antes de cuatro años de la implementación, la producción de litros de leche/hectárea/año se incrementó entre ~20% y ~50% en los SSP intensivos con respecto a la producción obtenida de la ganadería convencional. Este incremento podría traducirse en un aumento en los ingresos obtenidos por la venta del producto.

El segundo componente consiste en el empleo de parcelas con distintas combinaciones de árboles nativos como plantaciones de restauración. Esta medida favorece la conectividad en el paisaje (de la Peña-Domene et al., 2016). De este modo, se promueve el incremento de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos en los pastizales ganaderos (Howe, 1977; Martínez-Garza y Howe, 2003; de la Peña-Domene et al., 2014). Además, estas parcelas pueden contar también con especies de aprovechamiento de cosecha anual, tanto frutales, a mediano plazo, y como maderables, a largo plazo; lo que ofrece recursos para autoconsumo y de venta local para las comunidades (Carrasco-Carballido et al., 2017). El tercer componente son los bancos de proteína. Estos funcionan como una reserva

alimenticia para el ganado en la temporada de estiaje. Asimismo, son de utilidad para reducir los costos de producción. El cuarto componente son los árboles de sombra, que reducen la posibilidad de deshidratación del ganado, lo que se refleja en una mayor producción ganadera y en el favorecimiento de la conservación de la biodiversidad (Laborde et al., 2008).

Con base en la información anterior, el objetivo general de este trabajo fue evaluar un SSPE, es decir, el diseño de una producción ganadera sustentable que integra tanto SSP como árboles nativos, con el fin de mejorar los medios de vida de los productores ganaderos en Los Tuxtlas, Veracruz, México; al mantener la conectividad del paisaje, los servicios ecosistémicos y la conservación de especies de la selva tropical. Abordamos las experiencias de participación sobre las prácticas ganaderas y la percepción de los SSPE en Balzapote, Veracruz, México; así como los primeros resultados del establecimiento de un SSPE. Adicionalmente, observamos los resultados de la implementación del sistema de rotación, de las parcelas de restauración (crecimiento y sobrevivencia inicial de las plantas y su desempeño) y de la línea base de la biodiversidad en el paisaje agropecuario estudiado. Al final de este trabajo discutimos las implicaciones de estos resultados con respecto a la vinculación con el sector gobierno.

Materiales y Métodos

Descripción del área del estudio

Este estudio se realizó en la región de Los Tuxtlas, Veracruz, México (18°10' y 18°45' latitud norte y los 94°42' y 95°27' latitud oeste; Fig. 1). La Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas cuenta con 3300 km² de superficie y varía entre 200 y 1700 m sobre el nivel del mar (Dirzo et al., 1997). Esta región volcánica se caracteriza por suelos ácidos (pH 4.9) con un gran componente arcilloso (48.5%), formado a partir de roca basáltica y andesita mezclada con ceniza volcánica. En la Estación de Biología Tropical “Los Tuxtlas” de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), de acuerdo con los registros meteorológicos, la precipitación anual desde 1997 y hasta 2006 ha sido de 4825 mm (Tobon et al., 2011). En la región se presenta una temporada de lluvias, de junio a febrero, y una estación seca, de marzo a mayo. La temperatura media anual es de 25 °C. Dadas

las condiciones climáticas y de sus suelos, la región de los Tuxtlas se caracteriza por su vegetación de selva alta perennifolia, combinada con diferentes variantes y también con un importante componente de vegetación de zonas perturbadas (Soto y Gama, 1997).

El trabajo se desarrolló en la localidad de Balzapote (municipio San Andrés Tuxtla, 521 habitantes), ubicada dentro de la Reserva. Por su cercanía a la zona núcleo de la reserva y los fragmentos de selva con los que aún cuenta, este ejido es fundamental para la conservación de la biodiversidad regional, pues alberga varias especies protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (CONANP-SEMARNAT, 2006). A pesar de tener una gran vocación para el ecoturismo, los habitantes tradicionalmente se han dedicado a la agricultura y a la ganadería extensiva. Por ejemplo, prácticamente 70% del territorio del ejido de Balzapote está constituido por pastizales de especies exóticas, aunque recientemente se reporta un porcentaje cercano a 90% (Guevara Sada et al., 2004).

Talleres participativos

En 2016 se realizaron cuatro talleres participativos para conocer la producción ganadera local y brindar información sobre la implementación de SSPE en la localidad de Balzapote, Veracruz. En los talleres se presentaron estos sistemas como una estrategia de producción ganadera sustentable y como una herramienta de conservación en el paisaje fragmentado de la región. El contenido de estos talleres es el resultado de varios proyectos que iniciaron en 2011 (Apéndice 1).

Los objetivos específicos de estos talleres fueron: (i) conocer datos de la producción ganadera convencional local, (ii) mostrar cómo funciona un SSP, presentando experiencias con otras formas de manejo del ganado, ya fueran silvopastoriles o algún tipo de agrosilvopastoriles, y (iii) establecer una parcela demostrativa de SSPE (Fig. 2). Se realizaron entrevistas y encuestas con preguntas cerradas y abiertas, divididas en ocho secciones (Apéndice 2). Para cumplir con el objetivo dos se invitaron especialistas en especies forrajeras y en SSP. El éxito y la aceptación general de la parcela demostrativa de SSPE se obtuvieron a partir de una entrevista realizada a su propietario. Esta entrevista se registró en una videograbación en la que se incluyen 12

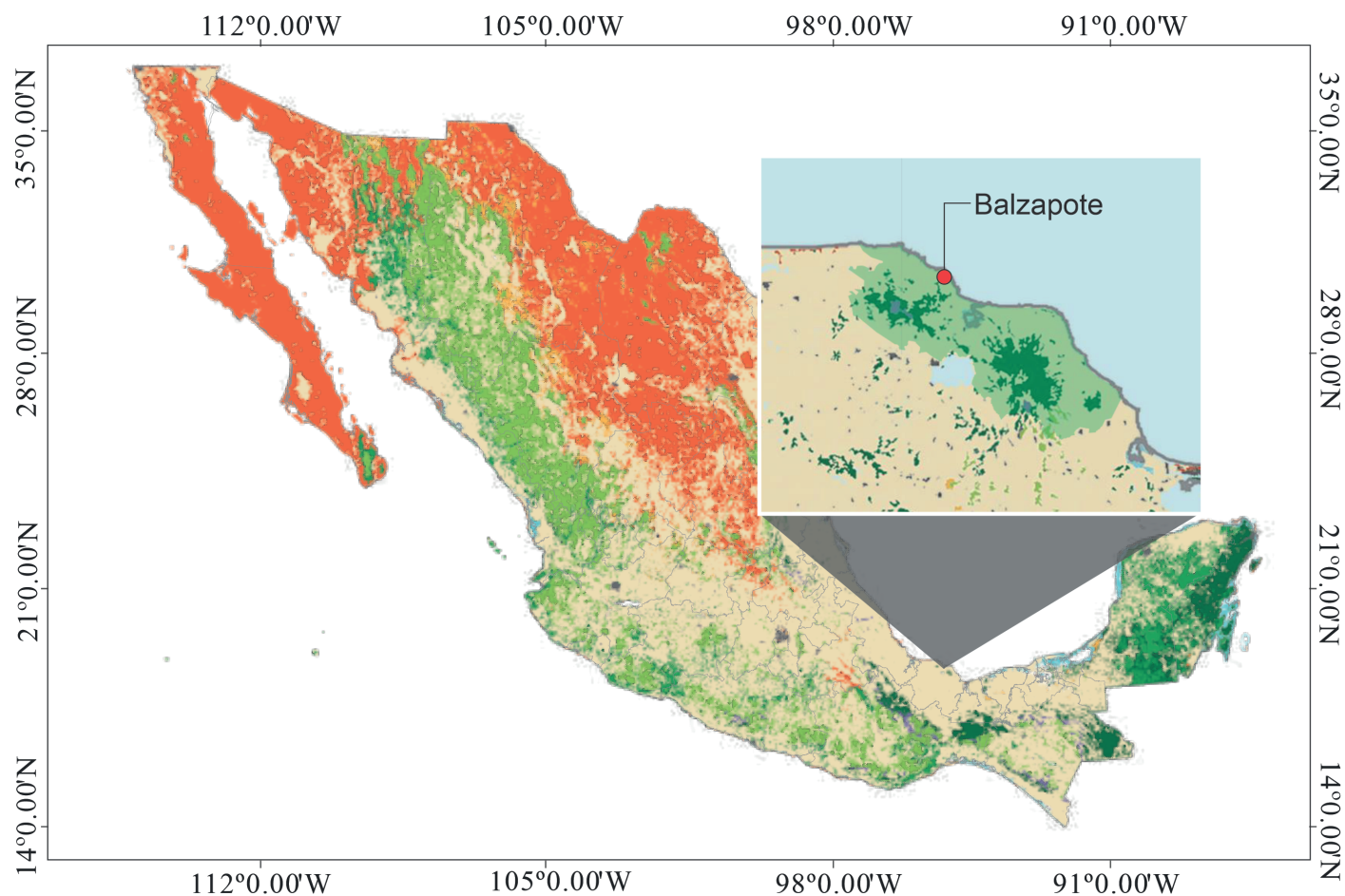


Figura 1: Clasificación de los ecosistemas mexicanos establecidos por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2016). En verde oscuro se muestra la selva húmeda que caracteriza a la región de estudio. En el recuadro, que es un acercamiento de la zona, el área sombreada verde claro es la extensión de la Reserva de la Biósfera de Los Tuxtlas y se representa la localidad de Balzapote, municipio San Andrés Tuxtla, Veracruz, México.

preguntas abiertas, relativas a los resultados observados después de la implementación de la parcela (Apéndice 3).

Para llevar a cabo el objetivo tres de los talleres, se les presentó a los asistentes una propuesta esquemática con los componentes de los SSPE (Fig. 3). Se explicaron los cuatro componentes del sistema y las funciones de cada uno de ellos. Como resultado, uno de los ganaderos accedió a establecer una parcela piloto de SSPE (Fig. 3) en su propiedad. Este terreno (coordenadas: 18°35'46"N y 95°03'51"O) cuenta con 5.3 ha y está ubicado en una colina empinada no uniforme con una inclinación promedio de 25° y una altitud de 100 m s.n.m. El terreno fue deforestado hace más de 50 años por medio de técnicas tradicionales de chapeo y uso de fuego con el fin de darle un uso agrícola, como el cultivo de maíz, frijol y chile. El propietario narra que, en

ese entonces, el uso de agroquímicos y de fuego posterior a cada cosecha eran prácticas comunes. Por las características del terreno, no hay evidencia del uso de maquinaria pesada, por lo que parece que solo se empleó el azadón para la plantación y limpieza del cultivo. Hace 25 años, en el terreno se combinaba la plantación de pastos con la de cultivos. Posteriormente, se cubrió la totalidad del terreno con el pasto exótico insurgente *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf y algunas hierbas nativas, al mismo tiempo que se destinó su uso al pastoreo de ganado bovino. El uso de agroquímicos y fuego persistió con el fin de mantener el pasto. En el terreno se encontraban dispersos nueve árboles remanentes de tamaño mediano (~5 m de altura) y solo un árbol grande (~15 m) de *Coccoloba barbadensis* Jacq.

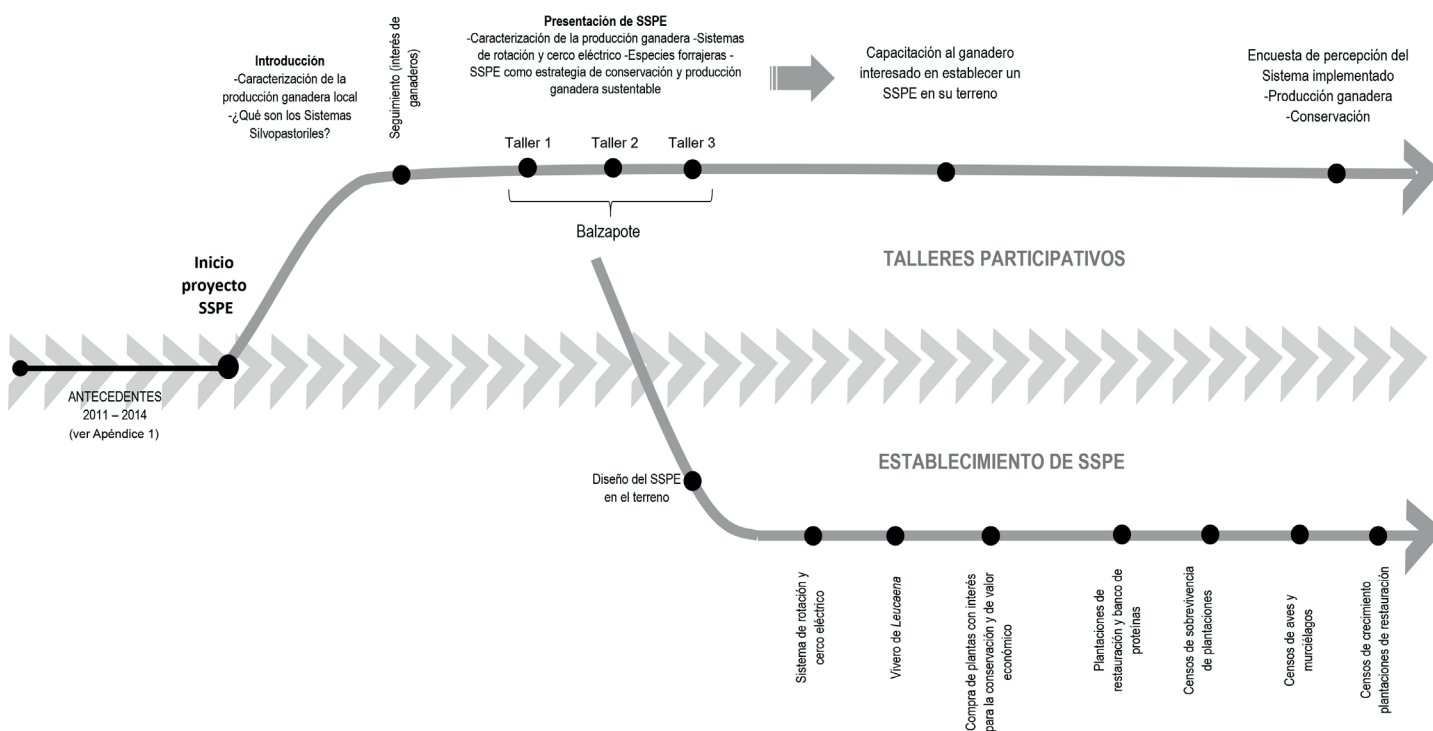


Figura 2: Línea del tiempo con los antecedentes del taller y las actividades desarrolladas para el establecimiento del Sistema Silvopastoril Enriquecido (SSPE).

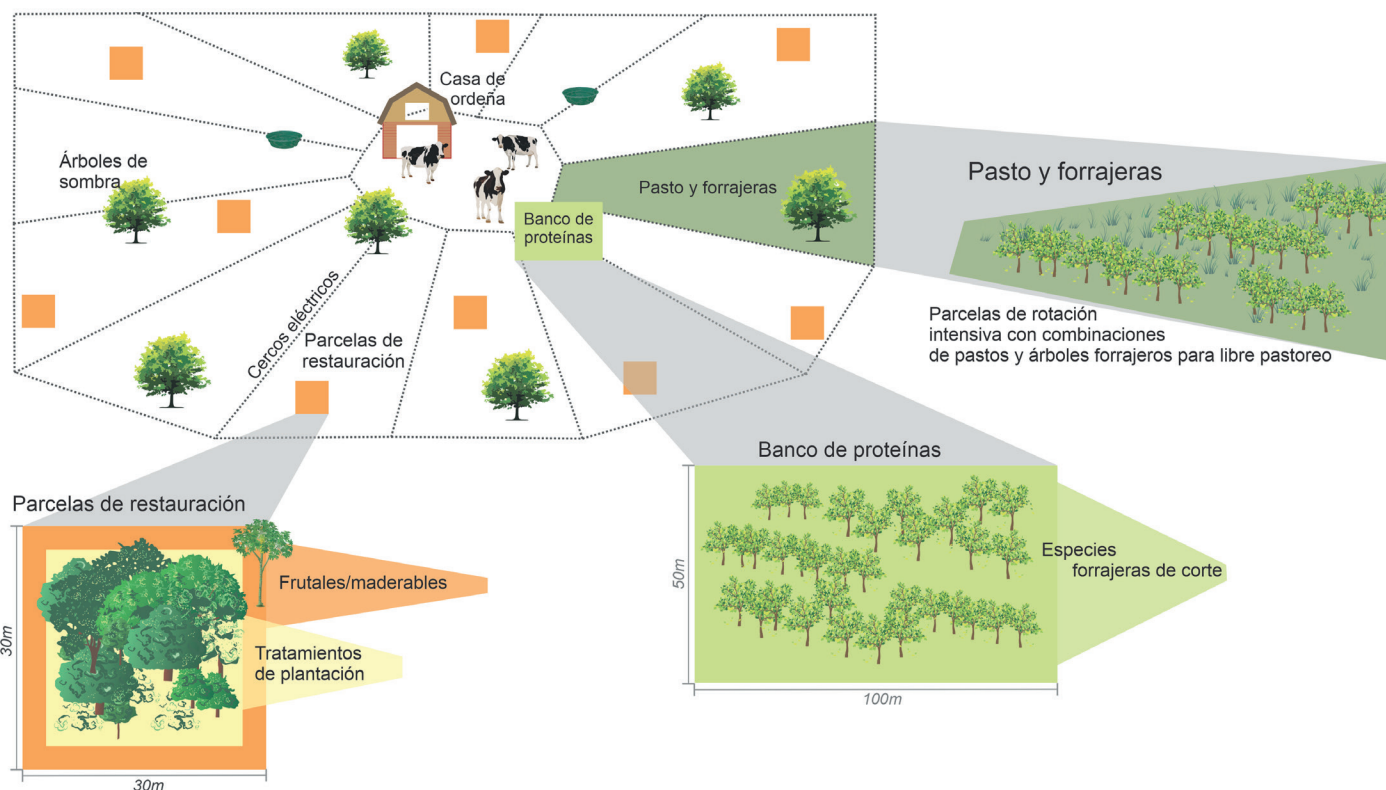


Figura 3: Esquema de los componentes del Sistema Silvopastoril Enriquecido que se propone para la Reserva de la Biósfera de los Tuxtlas, Veracruz, México.



Establecimiento del sistema silvopastoril enriquecido

Sistema de rotación. Antes de la implementación del sistema de rotación, el terreno de 5.3 ha tenía originalmente tres separaciones de dos hectáreas aproximadamente, delimitadas con alambre de púas. Para el nuevo diseño del sistema de rotación se recurrió a imágenes de satélite de DigitalGlobe (DG, 2017) para dividir el terreno en subdivisiones más pequeñas. Esta subdivisión tuvo como resultado 12 subparcelas de aproximadamente media hectárea cada una. Se mantuvo un pasillo central que sirvió para trasladar el ganado de una subparcela a otra y para permitir el acceso a las fuentes de agua en la parte sur del terreno. Se instalaron cercas eléctricas fijas con tres líneas de alambre y una cerca eléctrica móvil para marcar las divisiones más pequeñas, procurando que las secciones fueran de tamaños similares. El cerco eléctrico se alimentó con una batería de 12 voltios (Marca LTH, modelo L-65-800, Monterrey, México) que se cargó a través de un panel solar de 120 vatios (Marca ERDM, modelo 250 P6, San Andrés Tuxtla, México). La instalación del sistema de cerco fue realizada por un técnico especializado que lideró la obra que, a su vez, capacitó a cinco trabajadores locales en el correcto funcionamiento y manejo del cerco eléctrico. El proceso de instalación y capacitación duró dos semanas. El mantenimiento de la cerca eléctrica continuó durante los años siguientes, pues algunas partes fueron reemplazadas. Además, los postes de madera de Coquite (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.) de 1.80 m empleados en las esquinas del terreno se sustituyeron por postes de concreto de 2 m de altura para resistir la humedad en la región. Después de probar los lapsos de rotación, con respecto al número de cabezas de ganado por tres meses, se calibraron los lapsos de rotación tomando en cuenta el crecimiento del pasto, la pendiente del terreno y el número de cabezas de ganado (12) a no más de cinco días por subsección de terreno.

Plantaciones de restauración. En junio de 2017 se establecieron 18 parcelas de 15 × 15 m (0.02 ha) en un diseño de bloques basado en las características geomorfológicas y de suelo del terreno (Fig. 4). Cada combinación de plantación constaba de seis parcelas (parcelas 2, 6, 8, 11, 15 y 17, Fig. 4) en las que se sembraron ocho especies con valor económico (reconocido por el uso maderable o comestible que se le da en la región, Cuadro 1) distribuidas al azar; en seis

más (parcelas 1, 4, 9, 10, 14 y 18, Fig. 4) se plantaron ocho especies de interés para la conservación (Cuadro 1), y en las últimas seis parcelas (parcelas 3, 5, 7, 12, 13 y 16, Fig. 4) no se establecieron plantaciones.

Para considerar especies de interés para la conservación se siguió lo establecido por Carrasco-Carballido et al. (2017), quienes caracterizan las especies de interés como aquellas que el personal local identifica como raras en la región, ya sea por la dificultad de encontrar individuos en campo, por la alta depredación de las semillas previo a la colecta, o por la presión de uso, lo que dificulta su inclusión en proyectos de restauración ecológica.

Las plántulas de las especies que se sembraron se produjeron en el vivero “El Maduro”, ubicado en la comunidad de Tebanca, Veracruz. Este es el único vivero de la región en donde se producen tanto las especies útiles como las raras de la localidad. En este lugar se germina incluso la especie *Calophyllum brasiliense* Cambess., catalogada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010) dentro de la categoría de especies amenazadas (A). La plantación se llevó a cabo en noviembre del mismo año en un arreglo de ocho hileras por ocho columnas con una separación entre plantas de 1.5 m y con 60 plantas por parcela. En total se establecieron 720 plántulas de 16 especies (Cuadro 1). En la fase de rotación se hizo siembra directa y trasplante de *Leucaena esculenta* (DC.) Benth. (Fabaceae) para el forrajeo directo del ganado.

Monitoreo de sobrevivencia y crecimiento

Se realizaron cuatro censos de sobrevivencia y crecimiento en los meses de octubre 2017, junio 2018, y mayo y agosto 2019. Las plantas se consideraron muertas cuando las ramas no presentaban hojas o el tronco estaba completamente seco. La altura se midió en centímetros (cm), con ayuda de un flexómetro convencional (Truper®, Jilotepec, México), y el diámetro a la altura de la base (DAB) se tomó en milímetros (mm), con ayuda de un vernier (Truper Stainless® Steel, Jilotepec, México). Se analizó el crecimiento con variables dependientes como el logaritmo natural de la tasa de crecimiento relativo (*RGR*, por sus siglas en inglés) en altura (cm/mes) y el DAB (mm/mes):

$$\ln RGR = \ln[(\ln D_2 - \ln D_1)/(t_2 - t_1)]$$

Donde \ln es el logaritmo natural, D es el diámetro a la base y t es el tiempo. La sobrevivencia de las plántulas se analizó mediante el estimador no paramétrico de Kaplan-Meier (Pollock et al., 1989).

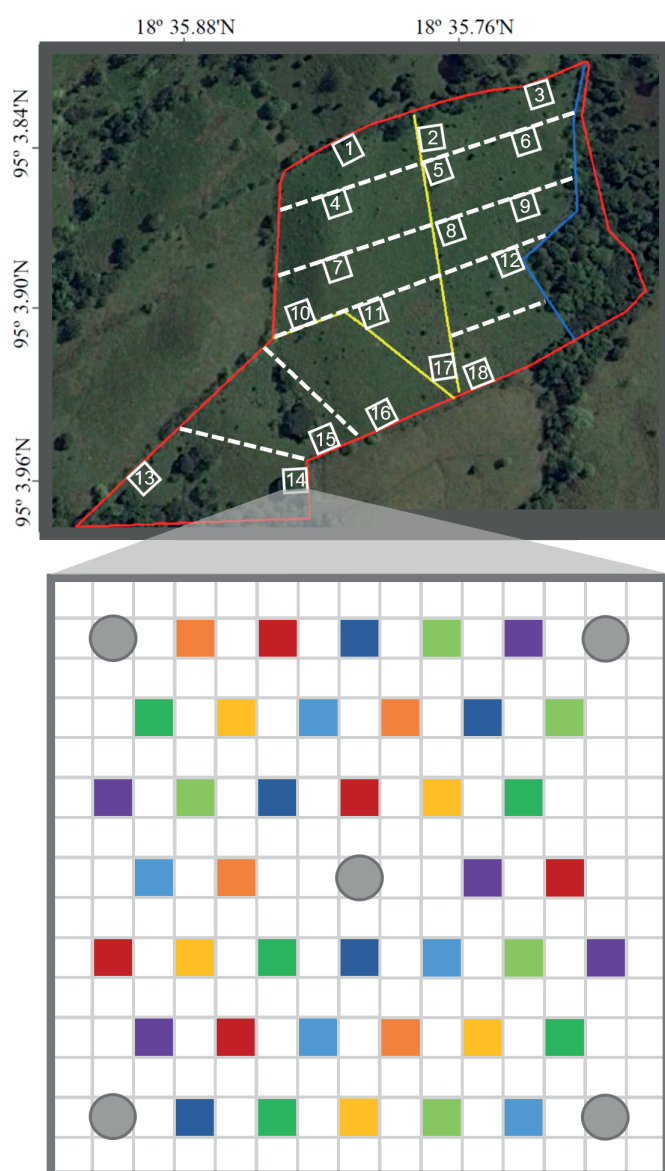
Índice de desempeño

Se utilizó un índice integrado de desempeño (*IRI*, integrated response index, por sus siglas en inglés; modificado de De Steven, 1991), calculado para cada especie a partir de la sobrevivencia y el crecimiento en altura (*IRI* altura), y con la

sobrevivencia y el crecimiento en diámetro (*IRI* diámetro):

$$IRI = \text{Probabilidad de sobrevivencia} \times \text{área basal} \times \text{área de la copa}$$

El *IRI* es una multiplicación de la sobrevivencia por alguna o algunas variables de la talla del árbol (volumen, área de la copa, altura, diámetro, etc.), por lo que las especies de rápido crecimiento, al igual que la de mayor sobrevivencia, suelen presentar mayor *IRI*. Dado que este es un índice de desempeño, es útil para que los practicantes de la restaura-



Valor económico

- *Brosimum alicastrum* Sw.
- *Pseudolmedia oxyphyllaria* Donn. Sm.
- *Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn
- *Diospyros digyna* Jacq.
- *Swietenia macrophylla* King
- *Juglans olanchana* Standl. & L.O. Williams
- *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.
- *Nectandra lanceolata* Nees & Mart.
- *Heliocarpus appendiculatus* Turcz.

Conservación

- *Handroanthus guayacan* (Seem.) S.O. Grose
- *Tapirira macrophylla* Lundell
- *Manilkara zapota* (L.) P. Royen
- *Cordia megalantha* S.F. Blake
- *Calophyllum brasiliense* Cambess.
- *Ilex costaricensis* Donn. Sm.
- *Roupala montana* Aubl.
- *Cajoba arborea* (L.) Britton & Rose
- *Heliocarpus appendiculatus* Turcz.

Figura 4: Diseño y distribución de las 18 parcelas de restauración establecidas en el predio seleccionado ubicado en Balzapote, Veracruz, México. En la ampliación inferior se muestra la distribución de las especies que se utilizaron en cada combinación de la plantación.



Cuadro 1: Especies de árboles plantados en Balzapote, Veracruz, México, y familia a la que pertenecen. Se indica si pertenecen a alguna categoría de riesgo según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010) y la Lista Roja de Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2021). *: Especies en peligro (EN), **: vulnerable (VU) según la Lista Roja de la IUCN. A: especie en categoría de amenazada según la NOM-059.

Combinación	Especie	Familia
Interés para la conservación	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess. ^A	Calophyllaceae
	<i>Cajoba arborea</i> (L.) Britton & Rose	Fabaceae
	<i>Cordia megalantha</i> S.F. Blake	Boraginaceae
	<i>Handroanthus guayacan</i> (Seem.) S.O. Grose	Bignoniaceae
	<i>Ilex costaricensis</i> Donn. Sm.	Aquifoliaceae
	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	Sapotaceae
	<i>Roupala montana</i> Aubl.	Proteaceae
	<i>Tapirira macrophylla</i> Lundell	Anacardiaceae
Valor económico	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Moraceae
	<i>Diospyros digyna</i> Jacq.	Ebenaceae
	<i>Juglans olanchana</i> Standl. & L.O. Williams*	Juglandaceae
	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees & Mart.	Lauraceae
	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moore & Stearn	Sapotaceae
	<i>Pseudolmedia oxyphyllaria</i> Donn. Sm.	Moraceae
	<i>Swietenia macrophylla</i> King**	Meliaceae
	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Bignoniaceae

ción puedan identificar las especies con mayores valores de *IRI* y así obtengan una respuesta heterogénea en la estructura de la vegetación, dada por las diferentes variables de crecimiento y sobrevivencia.

Biodiversidad en el paisaje

Se realizaron censos de aves y murciélagos el 15 y 16 de junio de 2018 con el propósito de establecer la línea base de la fauna en el terreno. En cada combinación de plantación se colocaron dos redes de niebla de 18 m. Para monitorear aves, las redes se abrieron antes del amanecer (05:00 h), y permanecieron abiertas durante cuatro horas con revisiones cada hora. En el monitoreo de murciélagos, las redes de niebla se abrían antes de la puesta del sol (18:00 h). Estas permanecían abiertas durante cinco horas con revisiones cada hora. Todas las aves y murciélagos capturados fueron identificados en campo a nivel de especie y se tomaron medidas morfométricas siguiendo la metodología de Howell y Webb (1995), Reid (1997) y Medellín et al. (2008).

Análisis de datos

Para analizar el desempeño de las plantaciones se realizaron tres análisis de varianza de una vía (ANOVA, por sus siglas en inglés), utilizando a los individuos como réplicas. Se consideraron como variables independientes la combinación de especies con dos niveles: especies de interés para la conservación (de conservación, de ahora en adelante) y especies de valor económico (en adelante llamado económico) y la identidad de las especies en cada combinación. Las variables dependientes fueron la sobrevivencia, el crecimiento en diámetro, y el crecimiento en altura. Para los datos de sobrevivencia, se realizó un análisis por combinación de especies (económico y de conservación), y por especie dentro de cada combinación: económico (ocho niveles) y de conservación (ocho niveles). El parámetro de referencia de sobrevivencia fue expresado en días. La comparación entre curvas de sobrevivencia dentro de los tratamientos se analizó mediante la prueba Log-Rank. Se realizó la prueba post Hoc de Tukey de N desigual en los resultados que fueron estadísticamente diferentes, con excepción del análisis del





crecimiento en altura para las especies de la combinación económico, pues para este análisis se utilizó la prueba post Hoc de Fisher LSD. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa STATISTICA v. 7.0 (StatSoft, 2013).

Resultados

Talleres participativos

Producción ganadera convencional en Balzapote. De un total de 21 asistentes, 71% eran hombres y 29% mujeres. Los hijos varones participan en las labores ganaderas más que las hijas. La edad promedio de los asistentes fue de 48.4 años (rango de edades 26-75), con un promedio de 30.5 años de experiencia en actividades ganaderas (rango de 2-50 años). La mayoría de los asistentes comenzaron sus actividades de ganadería a partir de los 21 años; sin embargo, algunos de ellos se dedican a la ganadería desde los cuatros años. Los conocimientos de esta actividad se transmiten de generación en generación, y las familias reportaron que 71.5% de sus ingresos son dependientes de esta actividad.

El 93% de los ganaderos entrevistados cuentan con terreno propio, cuya extensión promedio es de 12.5 hectáreas (rango de 1.3 a 26.5 hectáreas), de las cuales, en promedio, 80% se destinan a la ganadería y algunos otros también a la agricultura. La mayoría de los terrenos cuentan con pequeñas áreas arboladas, ya sea como pequeños remanentes de bosque, bosque de galería, árboles dispersos en los pastizales o cercas vivas. Se presenta variación con respecto al número de cabezas que se poseen. En promedio, cada familia cuenta con 27.8 cabezas de ganado (rango de 2 a 90). Este está conformado por vacas (66%), becerros (33%) y, en menor medida, toros (1%). El 54% del ganado es de doble propósito (lechero y cárnico), mientras que 31% es cárnico, y solo 13% es lechero.

Dado que el mantenimiento del ganado y de los potreros requiere de varios insumos externos, ocho de los 17 ganaderos (aquellos que contestaron la encuesta) reportaron utilizar algún tipo de suplemento alimenticio, forraje o sales minerales, particularmente durante la época de estiaje. Los costos de mantenimiento del ganado, como el suplemento alimenticio, el control de garrapatas, y los costos asociados al mantenimiento de los potreros, como el control de hierbas, la aplicación de herbicidas, insecticidas

y fertilizantes, presentan una variación de hasta seis veces más de un ganadero a otro (de 2.50 a 12 pesos mexicanos por día). El costo más elevado derivado del mantenimiento del ganado está asociado con la compra de suplemento alimenticio (en promedio 10.5 pesos mexicanos por día). El segundo costo más elevado se relaciona con la aplicación de insecticidas para el control de garrapatas que se aplican de cada 15 a 30 días, con un costo promedio de 420 pesos mexicanos por litro (~1.03 pesos mexicanos por día).

Producción de carne. Los becerros de engorda se venden a compradores locales intermediarios o directamente a compradores externos. Los becerros se venden a una edad promedio de un año tres meses o cuando pesan 315.5 kg, pero la edad y peso en que son vendidos está en función de las necesidades inmediatas de la familia, por lo que pueden vender a los becerros desde los 150 kg. El precio del kilo de carne también varía según los compradores, por lo que el precio varía entre 32.5 a 65 pesos mexicanos. Esto resulta en un precio mínimo de 4875 y máximo de 29,250 pesos mexicanos (aproximadamente de 680 a 1462 dólares americanos), dependiendo del peso del animal y del tipo de cambio.

Producción de leche. La producción de leche varía en función de la estación del año. En época de secas, se ordeña solo 42% de las vacas que regularmente se ordeñan en época de lluvias. El precio de la leche cambia según la temporada, pues varía desde los 2.5 pesos mexicanos por litro, en la temporada de lluvias, hasta los 5 pesos mexicanos por litro, en secas. Solo una pequeña parte de la leche es de autoconsumo, pues la mayor parte de esta se vende a productores locales de queso o a intermediarios, que después la revenden a grandes marcas lecheras. Cuando la oferta de leche es alta y el precio es bajo, algunas familias hacen queso para autoconsumo o para vender.

Percepción de los sistemas silvopastoriles. El 64% de los ganaderos participantes afirmó haber escuchado hablar sobre los sistemas silvopastoriles anteriormente, y 85% mencionó tener una percepción buena de estos sistemas al asociarlos con ventajas en su implementación. El resto de los participantes afirmó contar con una percepción buena, pero manifestaron preocupación por los costos de su implementación y por el tiempo que tomaría el retorno de inversión. No obstante, 92% de los ganaderos manifestó inte-



rés en desarrollar un SSP en su terreno, haciendo hincapié en que los beneficios que esperan de este tipo de sistema se reflejarían en más ingresos económicos, mayor producción de leche y carne, y más cantidad de forraje.

Conviene recordar que el diseño de SSPE propuesto incluye el establecimiento de bancos de proteínas (especies forrajeras plantadas en altas densidades), parcelas de rotación con pasto y forrajes, parcelas de restauración y árboles dispersos que brindan sombra al ganado. Además, se consideran plantaciones de especies de interés tanto económico como de suministro de servicios ecosistémicos. De la totalidad de los ganaderos que estuvieron interesados en establecer SSPE en sus terrenos, 92% manifestó estar de acuerdo en plantar especies frutales. Las especies frutales reportadas fueron el jobo o ciruela (*Spondias mombin* L.), la papaya (*Carica papaya* L.), la naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), la pimienta (*Pimenta dioica* (L.) Merr.), el zapote (*Diospyros nigra* (J.F. Gmel.) Perr.), el chagalapoli (*Ardisia compressa* Kunth), el cocuite (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.), el guacimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.), la guanábana (*Annona muricata* L.), el lichi (*Litchi chinensis* Sonn.) y el pomelo (*Citrus paradisi* Macfad.).

En relación con el tiempo de los resultados, 50% de los encuestados expresó que esperaba percibir beneficios en dos o tres años después de la implementación, mientras que 29%, en un periodo de seis a 12 meses. El resto de los encuestados (21%) consideró que los resultados se presentarían en cinco años o más. El 47% de los ganaderos señaló que espera obtener asesoría y seguimiento, 39% esperaba recibir capacitación, y 1% buscaba una gestión de fondos por parte del grupo de trabajo que implementó los talleres para el establecimiento de SSP. Adicionalmente, a la totalidad de los ganaderos encuestados le interesó conocer casos de otros SSP ya establecidos.

Percepción del SSPE en operación. En esta sección reportamos el proceso de establecimiento y los primeros resultados de una parcela demostrativa implementada al finalizar los talleres. Esto fue posible gracias a la iniciativa de uno de los ganaderos de Balzapote, quien aceptó la instalación de la parcela en su terreno.

Basados en la percepción del dueño del terreno, el SSPE requiere de una mayor inversión de trabajo en comparación con la ganadería convencional, particularmente, en

la etapa de establecimiento. En los SSPE, la rotación del ganado debe realizarse cada dos o tres días en la estación de lluvias y diariamente, en estación seca. En la ganadería convencional, en cambio, la rotación del ganado es quincenal, o bien, no se realiza. A partir de esta experiencia, identificamos que la mayor inversión de trabajo limita la disposición de otros ganaderos a implementar el SSPE, pues es percibido como un cambio drástico en las prácticas arraigadas de manejo ganadero.

En contraste, en el SSPE la producción de forraje incrementa en la estación lluviosa como en la estación seca del año, exhibiendo una clara diferencia con los potreros vecinos. La mayor producción de forraje se traduce en menor gasto en alimento balanceado o forraje en la estación de seca. Según la percepción del dueño del terreno, a partir de la implementación del SSPE la condición corporal del ganado (*sensu Roche et al., 2004*) ha mejorado, de valores de condición corporal de entre cuatro y cinco, a valores de seis y siete, que se consideran óptimos en la producción ganadera. Esta mejora en la condición corporal se ve reflejada en una disminución del tiempo de crianza, desde el parto hasta el destete, y en un aumento general de la producción de leche. Aun así, los compradores pagan el litro de leche a un precio fijo, independientemente de su calidad o del porcentaje de grasa o proteína. Cabe destacar que el incremento en el ingreso económico no se debe al incremento en el precio de venta, sino a una mayor producción de leche. Asimismo, la cantidad de medicamentos suministrados al ganado también disminuyó. De manera general, la implementación del SSPE involucra un menor uso de garrapaticidas, lo que disminuye también costos económicos asociados con la ganadería y con el impacto ambiental relacionado con su presencia en la artropofauna de los potreros. La entrevista completa puede consultarse en <https://www.youtube.com/watch?v=Ym26HismBJM>.

Establecimiento del sistema silvopastoril enriquecido

Sistema de rotación. En 2016, en Balzapote, se implementó el sistema de rotación intensiva con los cercos eléctricos y comenzó a funcionar el mismo año. Sin embargo, los árboles forrajeros se establecieron gradualmente durante 2017. En este sistema de rotación, la siembra directa de *Leucaena*

esculenta como árbol para forrajeo directo del ganado resultó menos eficaz para la sobrevivencia de las plántulas que el trasplante. Actualmente, gran parte del terreno del sistema ya se encuentra plantado con una combinación de *Leucaena esculenta* y pastos.

Sobrevivencia y crecimiento de las plantaciones. A los 763 días de establecimiento del SSPE, la sobrevivencia tanto de las especies de valor económico como de las de interés para la conservación fue de 40.7% (294 árboles). La sobrevivencia de los árboles en combinación con la plantación de especies de interés económico fue mayor que la de los árboles de interés para la conservación, siendo 42.9% para las especies de interés económico, y 38.78%, para las de interés de conservación. Sin embargo, la prueba de Log-Rank reveló, que la sobrevivencia de ambas fue estadísticamente similar (Fig. 5A).

La sobrevivencia dentro del tratamiento económico fue mayor para los árboles de *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. (73.46%) y menor para los de *Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn (17.50%). El análisis estadístico arrojó diferencias entre especies ($X^2=53.17$, g.l.=7, $p<0.00001$). Las comparaciones Log-Rank muestran que la sobrevivencia de *T. rosea* y *Juglans olanchana* Standl. & L.O. Williams fue estadísticamente similar, pero distinta a la que se observa en el resto de las especies. En *Swietenia macrophylla* King, *Diospyros digyna* Jacq. y *Nectandra lanceolata* Nees & Mart. la sobrevivencia fue estadísticamente equivalente, siendo esta última análoga a la de *Brosimum alicastrum* Sw., *Pseudolmedia oxyphyllaria* Donn Sm. y *P. sapota* (Fig. 5B). La sobrevivencia dentro del tratamiento conservación fue mayor para los árboles de *Cojoba arborea* (L.) Britton & Rose (77.77%) y menor para los de *Cordia megalantha* S.F. Blake (20.83%). El análisis estadístico arrojó diferencias en la sobrevivencia entre especies ($X^2=44.02$, g.l.= 7, $p<0.00001$). En las comparaciones Log-Rank se observa que la sobrevivencia de *C. arborea* y *Roupala montana* Aubl. fue estadísticamente similar. La sobrevivencia de *R. montana* fue equivalente a la de *Handroanthus guayacan* (Seem.) S.O. Grose y *Manilkara zapota* (L.) Van Royen, siendo esta última similar a la de *Ilex costaricensis* Donn. Sm. Por último, la sobrevivencia de *Ilex costaricensis* es comparable con la de *Tapirira macrophylla* Lundell, *Calophyllum brasiliense* y *Cordia megalantha* (Fig. 5C).

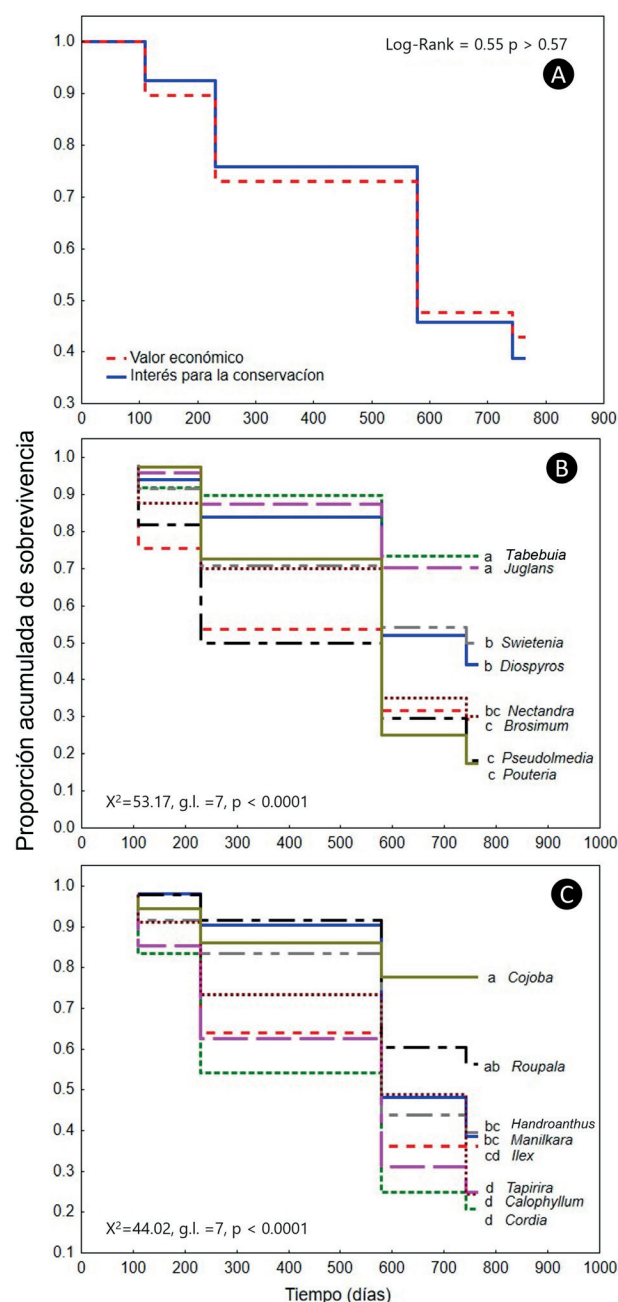


Figura 5: Curvas de sobrevivencia de: A. combinaciones de plantación de especies con valor económico y de conservación; B. ocho especies arbóreas de valor económico (*Brosimum alicastrum* Sw., *Pseudolmedia oxyphyllaria* Donn. Sm., *Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn, *Diospyros digyna* Jacq., *Swietenia macrophylla* King, *Juglans olanchana* Standl. & L.O. Williams, *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC., *Nectandra lanceolata* Nees & Mart.); C. ocho especies de interés para la conservación (*Handroanthus guayacan* (Seem.) S.O. Grose, *Tapirira macrophylla* Lundell, *Manilkara zapota* (L.) P. Royen, *Cordia megalantha* S.F. Blake, *Calophyllum brasiliense* Cambess., *Ilex costaricensis* Donn. Sm., *Roupala montana* Aubl. y *Cojoba arborea* (L.) Britton & Rose), establecidas en parcelas de restauración en Balzapote, Los Tuxtlas, Veracruz, México. Letras distintas en las barras indican diferencias estadísticamente significativas en las pruebas de comparación post Hoc de Tukey de N desigual ($p \leq 0.05$).



Crecimiento en altura. En promedio, los árboles presentes en la combinación con especies de interés para la conservación mostraron un crecimiento significativamente mayor con respecto a su altura ($\ln RGR=2.58\%$) por mes, en contraste con los de interés económico ($\ln RGR=1.97\%$; $F(1, 415)=8.97$, $p<0.002$; Fig. 6A). En el tratamiento económico, los árboles de *D. digyna* exhibieron mayor crecimiento en altura ($\ln RGR=2.99\%$) que los de *P. sapota* con ($\ln RGR=0.88\%$). El ANOVA arrojó diferencias significativas en el crecimiento de las especies ($F(7, 203)=4.14$, $p<0.0002$; Fig. 6B). La prueba post Hoc de Fisher LSD reveló que la altura de *D. digyna*, *J. olanchana* y *T. rosea* fue distinta a la de *P. sapota*, pero similares a los de *N. lanceolata*, *P. oxyphyllaria*, *S. macrophylla* y *B. alicastrum*. Estas últimas con crecimientos similares a los de *P. sapota*.

En el tratamiento de conservación, en promedio, los árboles de *Cojoba arborea* mostraron mayor crecimiento en altura con $\ln RGR=5.26\%$ que los de *Ilex costaricensis* ($\ln RGR=1.30\%$). El ANOVA mostró diferencias significativas entre especies ($F(7, 198)=7.24$, $p<0.00001$; Fig. 6C). La prueba post Hoc de Tukey reveló que el crecimiento en altura de *C. arborea* fue similar a la de *R. montana* y *C. brasiliense*, pero distinta a la de *Handroanthus guayacan*, *C. megalantha*, *T. macrophylla*, *M. zapota* e *I. costaricensis*. El crecimiento de estas últimas fue equivalente entre ellas, pero se diferenció del de *R. montana*.

Diámetro a la base. En promedio, los árboles de la combinación de conservación tuvieron significativamente mayor crecimiento en DAB ($\ln RGR=3.43\%$), que los de la combinación de económico ($\ln RGR=2.87\%$; $F(1, 387)=4.14$, $p<0.04$; Fig. 6D).

En el tratamiento económico, en promedio, los árboles de *D. digyna* mostraron mayor crecimiento en DAB ($\ln RGR=3.85\%$) que los de *P. sapota*, que presentaron el menor crecimiento en DAB ($\ln RGR=2.67\%$). El ANOVA arrojó diferencias significativas entre las especies ($F(7, 203)=1.98$, $p<0.0002$; Fig. 6E). La prueba post Hoc de Fisher LSD reveló que el crecimiento en DAB de *D. digyna*, *J. olanchana* y *T. rosea* fue distinto al de *P. sapota*, pero similar al de *N. lanceolata*, *P. oxyphyllaria*, *S. macrophylla* y *B. alicastrum*. El crecimiento de DAB de estas últimas especies fue equivalente al de *P. sapota*.

En el tratamiento conservación, en promedio, los árboles de *C. arborea* tuvieron mayor crecimiento en DAB ($\ln RGR=6.11\%$) que los de *C. megalantha* ($\ln RGR=2.10\%$).

El ANOVA mostró diferencias significativas ($F(7, 198)=7.24$, $p<0.00001$; Fig. 6F). La prueba post Hoc de Tukey reveló que *C. arborea*, *R. montana* y *C. brasiliensis* no presentan diferencias significativas entre sí, pero difieren de *H. guayacan*, *C. megalantha*, *T. macrophylla*, *M. zapota* e *I. costaricensis*, siendo estas especies similares entre sí, pero diferentes de *R. montana*.

Índice de desempeño. Para las especies con valor económico, *T. rosea* exhibió el IRI más elevado por su crecimiento en altura y en diámetro a la base, mientras que *P. sapota* presentó el comportamiento inverso (Cuadro 2). Algo similar se observó en las especies con interés para la conservación, pues *C. arborea* mostró el mayor IRI con respecto a la altura y el diámetro a la base, y *C. megalantha*, el menor.

Biodiversidad en el paisaje. En el primer censo en 2017, con un esfuerzo de captura de 864 m/h/red se capturaron seis aves pertenecientes a las familias Thraupidae, Fringillidae, Tyrannidae y Parulidae (Cuadro 3). En cuanto al censo de murciélagos realizado paralelamente al de aves, con un esfuerzo de captura de 1080 m/h/red se capturaron dos individuos, ambos de la familia Phyllostomidae (Cuadro 4).

Discusión

Dado que los cambios en el uso de suelo asociados a la ganadería y la agricultura representan casi 18% de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, resulta claro que es necesario un cambio en los esquemas actuales de gestión de la tierra (Moran y Wall, 2011). Las prácticas agroforestales integran diversos árboles o arbustos con cultivos y pastizales para ganadería, en particular, los pastizales con árboles pueden secuestrar de cinco a diez veces más carbono que las áreas del mismo tamaño sin presencia de árboles (Albrecht y Kandji, 2003; Cuartas Cardona et al., 2014). Los agricultores también pueden ser más productivos si cultivan y, al mismo tiempo, crían ganado utilizando una cantidad significativamente menor de tierra (Montagnini et al., 2013; Restrepo et al., 2016). El presente estudio abona a la generación de conocimiento y análisis de estrategias existentes necesarias para proponer medidas de mitigación y adaptación al cambio climático que estén vinculadas a las necesidades sociales y ambien-



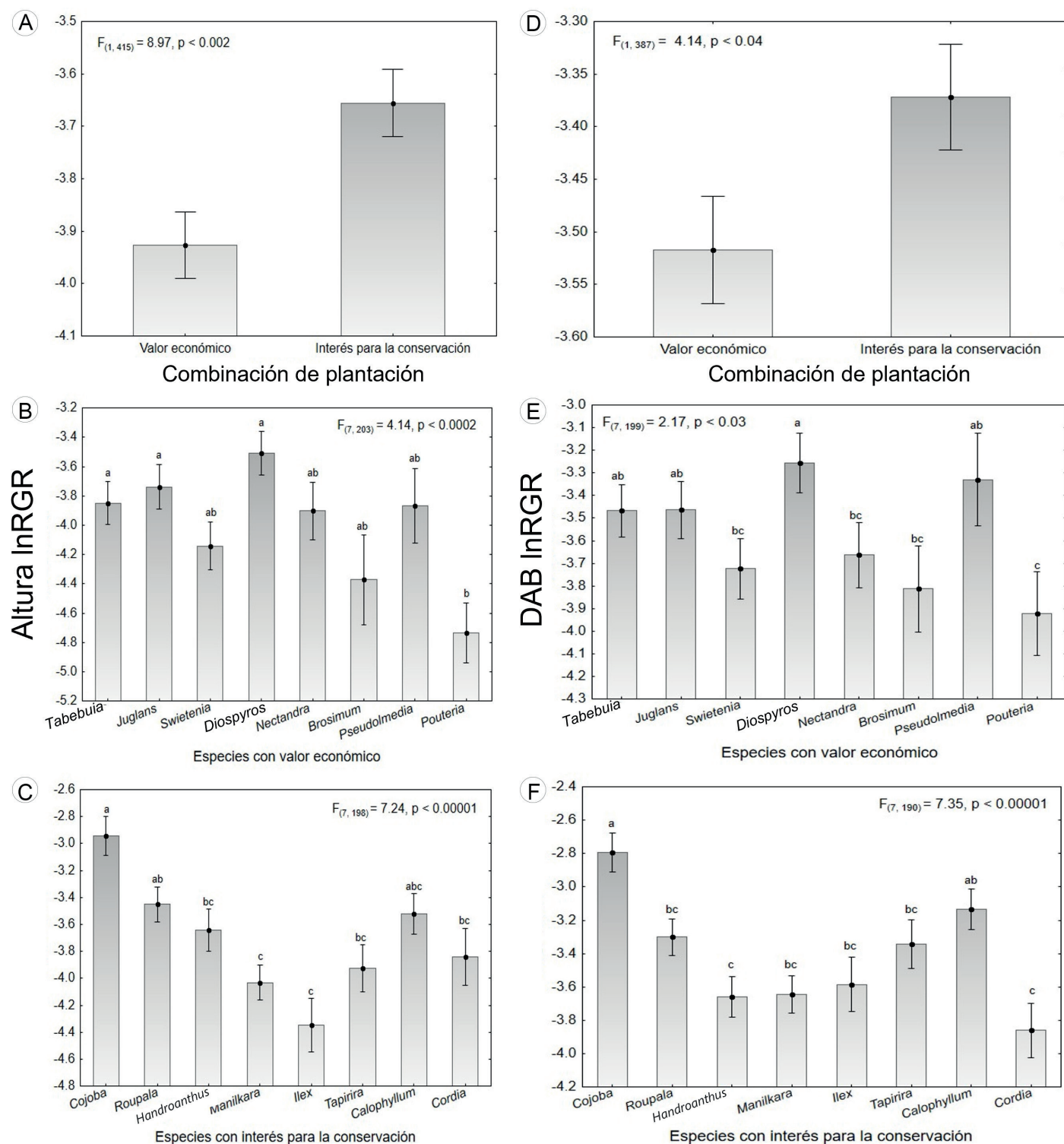


Figura 6: Tasas de crecimiento relativo mensual en altura (A-C) y diámetro a la altura de la base DAB (D-F) entre las combinaciones de plantación (A y D). Crecimiento de las ocho especies arbóreas de valor económico (B y E) (*Brosimum alicastrum* Sw., *Pseudolmedia oxyphyllaria* Donn. Sm., *Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn, *Diospyros digyna* Jacq., *Swietenia macrophylla* King, *Juglans olanchana* Standl. & L.O. Williams, *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC., *Nectandra lanceolata* Nees & Mart.) y de las ocho de interés para la conservación (C y F) (*Handroanthus guayacan* (Seem.) S.O. Grose, *Tapirira macrophylla* Lundell, *Manilkara zapota* (L.) P. Royen, *Cordia megalantha* S.F. Blake, *Calophyllum brasiliense* Cambess., *Ilex costaricensis* Donn. Sm., *Roupala montana* Aubl. y *Cojoba arborea* (L.) Britton & Rose) establecidas en parcelas de restauración en Balzapote, Los Tuxtlas, Veracruz, México. El orden de las especies está dado por el porcentaje de sobrevivencia. Las líneas por arriba y debajo de las barras representan el error estándar y las letras distintas indican diferencias significativas evaluadas con la prueba post Hoc de Tukey para N desiguales ($p \leq 0.05$).



Cuadro 2: Índice integrado de desempeño (*IRI*, integrated response index; modificado de De Steven, 1991) en altura (*IRI* altura) y en diámetro (*IRI* diámetro) para especies con valor económico y de conservación plantadas en Balzapote, Los Tuxtlas, Veracruz, México.

Especies	<i>IRI</i> altura	<i>IRI</i> diámetro
Económico		
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	63.32	96.35
<i>Juglans olanchana</i> Standl. & L.O. Williams	53.4	87.27
<i>Swietenia macrophylla</i> King	33.07	62.5
<i>Diospyros digyna</i> Jacq.	18.48	51.63
<i>Nectandra lanceolata</i> Nees & Mart.	13.8	35.33
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	9.66	33.52
<i>Pseudolmedia oxyphyllaria</i> Donn. Sm.	6.04	24.8
<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moore & Stearn	3.72	21.92
Conservación		
<i>Cojoba arborea</i> (L.) Britton & Rose	91.86	113.74
<i>Roupala montana</i> Aubl.	49.64	68.06
<i>Handroanthus guayacan</i> (Seem.) S.O. Grose	19.4	47.1
<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	10.04	43.31
<i>Ilex costaricensis</i> Donn. Sm. <i>costaricensis</i>	10.5	43.64
<i>Tapirira macrophylla</i> Lundell	10.32	31.25
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	22.15	37.8
<i>Cordia megalantha</i> S.F. Blake	2.88	24.43

tales de las regiones tropicales de México; particularmente del estado de Veracruz. Específicamente, se prueba un modelo de Sistemas Silvopastoriles Enriquecidos en el que se integran parcelas de restauración de alta diversidad dentro de un sistema de rotación intensiva que combina pastos y forrajes.

Talleres con ganaderos

Los talleres realizados con la comunidad evidenciaron la necesidad de implementar acciones que mejoren la producción ganadera, que incrementen los ingresos económicos de las familias y que favorezcan la conectividad del paisaje. De acuerdo con las respuestas obtenidas en las encuestas realizadas, se comprobó que la dieta del ganado afecta tanto la producción como la calidad de la carne y la leche (Cuartas Cardona et al., 2014). Dado que se busca aumentar la cantidad de estos productos, particularmente en la temporada de estiaje, muchos ganaderos de la región

Cuadro 3: Abundancia y dieta principal de las especies de aves capturadas en 2017 en Balzapote, Los Tuxtlas, Veracruz, México.

Familia	Especies	individuos	Dieta
Fringillidae	<i>Euphonia lanirostris</i>	1	frugívora insectívora
	d'Orbigny & Lafresnaye, 1837		
Parulidae	<i>Geothlypis poliocephala</i> S. F. Baird, 1865	1	insectívora
Thraupidae	<i>Tiaris olivaceus</i> (Linnaeus, 1766)	1	semillas, fruta y retoños
Tyrannidae	<i>Myiodynastes luteiventris</i> P. L. Slater, 1859	1	insectívora
Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	1	omnívora
Tyrannidae	<i>Tyrannus couchi</i> S.F. Baird, 1858	1	insectívora

de Los Tuxtlas invierten en suplementos alimenticios que representan costos elevados que merman sus ganancias. Debido a esto, los sistemas silvopastoriles representan una alternativa económicamente viable por la poca dependencia de insumos externos necesarios para elevar la producción (Molina et al., 2006). Así, el ganado produce más leche y/o carne, al mismo tiempo que se minimizan los gastos en insumos externos.

Si bien los ganaderos están conscientes de que los rendimientos que obtienen por su actividad fluctúan dependiendo de las condiciones ambientales y de la oferta y demanda del mercado, se observa resistencia a cambiar la forma convencional de ganadería. Así como en otras regiones de Latinoamérica, en las comunidades mexicanas analizadas las principales preocupaciones son la elevada inversión inicial que representa adecuar sus terrenos (Calle et al., 2009), la falta de asesoría adecuada y el hecho de que el retorno de la inversión puede prolongarse. A pesar de manifestar estos inconvenientes, la mayoría de los ganaderos que participaron en los talleres reconocieron que para poder mejorar sus ingresos es necesario cambiar algunas prácticas convencionales. De acuerdo con lo observado en los talleres, la presentación de alternativas de implementación sin la necesidad de grandes inversiones, tales como

Cuadro 4: Familia, especie, abundancias y dieta principal de los murciélagos encontrados en el censo de línea base de biodiversidad en 2017 en Balzapote, Veracruz, México.

Familias	Especies	#individuos	Dieta
Phyllostomidae	<i>Artibeus jamaicensis</i> Leach, 1821	1	frugívora
Phyllostomidae	<i>Sturnira parvidens</i> Goldman, 1917	1	frugívora

el establecimiento de un banco de proteínas con especies locales y la provisión de sombra al ganado, resultan de utilidad como primeros pasos para ir mudando hacia otras formas de hacer ganadería.

En los talleres, los ganaderos se mostraron interesados en sembrar especies frutales o maderables en sus terrenos, las cuales pudieran proveer sombra al ganado, al mismo tiempo que representara algún beneficio para ellos. Dado que varias de las especies de árboles que los ganaderos mencionaron no se encontraban disponibles en los viveros locales, se presenta una oportunidad de iniciar viveros y propagar especies locales de interés. Debido a que se observó una clara división de género dentro de las actividades ganaderas, en la que, desde temprana edad, los hombres se encargan de la producción y las mujeres apoyan en actividades relacionadas con el mantenimiento de los potreros; probablemente la creación de viveros incentive la participación de las mujeres en las actividades ganaderas. Los hijos varones participan más frecuentemente que las niñas en las actividades ganaderas, por lo que, desde temprana edad, se visualiza esta separación de roles.

Los ganaderos de Balzapote destinan la mayor parte de su producción a la venta de becerros y en menor medida a la producción de leche. Es fundamental contar con una visión integral en la implementación de los SSPE. Considerando la variación de oferta y demanda de los productos ganaderos, los programas federales de apoyo a la ganadería, los costos de implementación y las particularidades de cada terreno para favorecer la participación de los pobladores (Mercer et al., 2014). Una respuesta podría ser la creación de una red de ganaderos que gestione los recursos como un solo grupo organizado.

Percepciones del manejo del SSPE

La mayoría de los ganaderos de la región se mostraron interesados en el establecimiento de SSPE. Una de las resistencias identificadas para la adopción de estos sistemas son los costos iniciales de establecimiento. El ganadero que puso a disposición su terreno para la parcela demostrativa menciona que el trabajo de establecimiento y la inversión inicial son más elevados que en los sistemas convencionales, lo que es consistente con otros estudios en distintas zonas de Latinoamérica (Murgueitio et al., 2015). A pesar de esta dificultad, el dueño del terreno reconoció los beneficios asociados al forraje disponible a lo largo del año, además de la mejora en la condición corporal del ganado. La presencia de una parcela demostrativa con el Sistema Silvopastoril Enriquecido en la comunidad generó interés en el resto de los ganaderos, particularmente en los vecinos del terreno.

Establecimiento del Sistema Silvopastoril Enriquecido

Los sistemas productivos comerciales se caracterizan por enfocarse en la maximización de la obtención de un solo producto, dejando de lado la importancia de mantener los servicios ecosistémicos (Foley et al., 2005). No obstante, este tipo de sistemas productivos suele ser poco resilientes y altamente vulnerables ante cambios climáticos (Alayon-Gamboa et al., 2016). La diversificación de usos, incluyendo a los pastizales ganaderos, podría brindar fuentes adicionales de ingresos a los agricultores. Además, esta diversificación podría llegar a reducir los riesgos asociados a estos medios de vida, como disminución de la erosión y la pérdida de la fertilidad del suelo, ambos causados por el cambio climático, el clima impredecible (Early y Thomas, 2007) y el manejo intensivo por periodos prolongados.

Desempeño de plantaciones

En esta investigación se identificaron especies de árboles nativos que podrían ser de interés económico para los ganaderos, ya sea por su producción de frutos carnosos o por ser maderables. Este interés se observó también en especies nativas raras que difícilmente llegan por sí solas a los pastizales ganaderos. Una vez identificadas las especies de interés, es necesario evaluar su potencial de germinación y



de establecimiento para facilitar su manejo e inclusión dentro de los programas de aprovechamiento (Carrasco-Carballedo et al., 2017). Es relevante también conocer el éxito del establecimiento en las plantaciones de árboles nativos en los pastizales para reproducir y diseñar sistemas productivos más sustentables y resilientes (Montagnini, 2015). Los resultados de esta investigación indican una sobrevivencia semejante en ambas combinaciones de plantación, pero con diferencias entre las especies. En contraparte, el crecimiento tanto en altura como en el diámetro a la base resultó ser más acelerado para el tratamiento con especies raras o de interés para la conservación. Esto puede relacionarse con el hecho de que las especies maderables, que estaban en la combinación de árboles de valor económico, invierten una mayor cantidad de recursos en el desarrollo de madera densa, en contraste con los de la combinación de árboles con interés para la conservación, lo que puede comprometer su crecimiento (Savidge, 2003). Aun así, es necesario que la selección de especies considere tanto los intereses económicos como los de conservación.

En relación con los objetivos del SSPE, en los cuales se pretende mejorar la calidad de la dieta del ganado mediante la incorporación de árboles y arbustos forrajeros con alto contenido proteico, como las leguminosas (Yamamoto et al., 2007; Bacab-Pérez y Solorio-Sánchez, 2011), un beneficio adicional de optimizar la dieta para el ganado consiste en la reducción de la cantidad de metano que emiten (Naranjo et al., 2012; Barahona et al., 2014). Si bien las especies de leguminosas establecidas incorporan nutrientes al suelo, principalmente nitrógeno, también aumentan la materia orgánica para su futura descomposición (Chará et al., 2015; Chará-Serna y Chará, 2020). Lo anterior ayuda a disminuir la compactación del suelo y aumenta la humedad, lo que permite el establecimiento de la flora y, más tarde, de la fauna. Cabe destacar que el éxito productivo de los sistemas silvopastoriles está limitado por la fertilidad del suelo (Figuerola et al., 2020), en tanto que de esta depende que las especies se puedan establecer (Martínez-Garza et al., 2016). Es necesario advertir que las características del suelo influirán en el establecimiento y funcionamiento exitosos de los SSPE. En los sistemas silvopastoriles de distintas partes de Latinoamérica y también en otros estudios en México se han obtenido resultados exitosos con

Guazuma ulmifolia (Malvaceae) (Villa-Herrera et al., 2009; Galindo et al., 2010) y arbustos como *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae) y *Sambucus peruviana* Kunth (Viburnaceae) (Murgueitio et al., 2011). En suma, los sitios con mejores características bióticas y abióticas requerirán una menor cantidad de tiempo y de recursos para establecer SSPE, en tanto que contarán con una mayor cantidad de nutrientes disponibles en el follaje.

Biodiversidad en el paisaje

Con el establecimiento del SSPE se aumentó la diversidad de árboles dentro del paisaje agropecuario en el sistema de pastos desnudos. Una vez que crezcan las plantaciones, se espera que la biodiversidad continúe aumentando. A medida que se establecen más interacciones planta-animal, se predice también una recuperación en el ecosistema de funciones previamente perdidas (Tobon et al., 2011; de la Peña-Domene et al., 2014; Chará et al., 2015). En el presente estudio, la línea base del monitoreo de aves y de murciélagos mostró una baja diversidad de estos grupos en el primer año de establecimiento del sistema. El dueño del terreno en el que se implementó el sistema ha reportado que algunos mamíferos grandes, como coyotes, ahora cruzan frecuentemente el área de estudio. Con el establecimiento exitoso de 40% de los árboles plantados se pronostica un incremento en la biodiversidad debido al aumento en la permeabilidad de la matriz agropecuaria que generará más conectividad en el paisaje (de la Peña-Domene et al., 2016). A largo plazo, la plantación de árboles con frutos carnosos puede catalizar el movimiento de animales en el paisaje y, por ende, la recuperación de funciones ecosistémicas.

Implicaciones para la vinculación con el sector gobierno

Las autoridades gubernamentales deben contar con políticas públicas y acciones concretas con el fin de favorecer prácticas ganaderas sustentables. Los talleres participativos de Balzapote se lograron debido al financiamiento del Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCOCODES) de la Comisión de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Este financiamiento fue gestionado por los ganaderos locales, asesorados por la Asociación Civil Paisajes



Manejo Integral, A.C. Cabe mencionar que este es el primer financiamiento en su tipo otorgado a esta comunidad.

Para continuar apoyando el establecimiento de SSPE, debe procurarse que los ganaderos de la comunidad mantengan el vínculo con la CONANP. Aunado a lo anterior, se propone una integración de las actividades agrosilvopastoriles dentro de programas activos para promover medidas que favorezcan la producción agrícola sustentable. Debido a que la ejecución de los SSPE requiere una inversión inicial importante, es necesario conseguir fondos que podrían estar integrados en los programas presupuestales de las instituciones. El flujo de recursos puede facilitarse si se establece un convenio formal entre los distintos actores, en específico, entre el gobierno, una entidad que asesore la implementación y el propietario del terreno. En estos presupuestos deberían considerarse fondos para la implementación de SSPE que contemplen acciones de planeación y diseño del sistema, la de propagación de semillas y plántulas para el establecimiento del sistema, así como talleres de capacitación y acciones de seguimiento y monitoreo. Consideramos necesario también trascender a la creación de un programa de beneficio social y ambiental, con la capacidad de implementar sus propias reglas de operación.

Otra medida que se propone es el establecimiento de parcelas demostrativas que sirvan como una oportunidad para los ganaderos de conocer nuevas alternativas para sus actividades productivas. Además, la transmisión de información a los dueños y/o poseedores de la tierra debe de ser clara y de fácil acceso para todo público (Carrasco-Carballido y Azuela-Rivera, 2009). Es importante que el éxito y la adecuación de las experiencias ya obtenidas en la zona (Carrasco-Carballido et al., 2017), se muestren en términos de ahorro de insumos y de mejora en la calidad del producto, ya sea lácteo o cárnico. Es ideal que el productor esté acompañado por monitores para planear un plan de negocio que le permita colocar en otro tipo de oferta la nueva producción, con el fin de que la nueva metodología resulte atractiva. El diseño del SSPE deberá presentarse de una manera modular-flexible, de modo que pueda adaptarse a las distintas extensiones de los territorios, las capacidades de carga, las dependencias del recurso ganadero y las disponibilidades de inversión.

Los SSPE se tienen que implementar como un trabajo coordinado entre los gobiernos locales y/o estatales y la academia, pues deben contar con una metodología que permita medir, en el mediano plazo o largo, los beneficios/ganancias/rendimientos tangibles del ganado alimentado mediante SSPE con respecto al alimentado de manera convencional. Los resultados de este tipo de análisis facilitarían que el productor incorpore un valor agregado a su producto que le permita explorar otro tipo de mercado. Los árboles de las especies adecuadas son el insumo clave para la presente propuesta, por lo que es importante generar los mecanismos necesarios para trabajar de manera coordinada.

Conclusiones e implicaciones para la restauración

El desarrollo de estrategias de adaptación al cambio climático conlleva una serie de diagnósticos y evaluaciones previas, tales como el análisis de vulnerabilidad al cambio global en el clima de una región específica, el análisis socioeconómico y ambiental de la región, el análisis de estrategias globales de adaptación en condiciones análogas, entre otros (Murguieitio et al., 2006). La adopción de actividades productivas sustentables es una estrategia realista de conservación, mitigación y adaptación ante el cambio climático que pueden implantar los gobiernos locales. La presente investigación buscó aumentar la resiliencia en los sistemas alimentarios por medio de la restauración de funciones ecosistémicas claves que permitan mantener tanto la producción como la biodiversidad. Asimismo, es igual de importante brindar a los productores locales alternativas productivas que les permitan obtener mejores ingresos y, particularmente, diversificar la fuente de estos ingresos con el fin de reducir los impactos negativos ante cambios económicos.

Contribución de autores

MPD, LMAH, JFMT, FACL y FMM concibieron y diseñaron el estudio. JFMT y CMG realizaron los análisis. ERA, MPD, LMAH, FMT, MNPC y FMM contribuyeron a la adquisición y la interpretación de los datos. MPD, LMAH, JFMT, CMG y PVCC escribieron el manuscrito. Todos los autores contribuyeron a la discusión, revisión y aprobación del manuscrito final.



Financiamiento

Este estudio fue apoyado por The Rufford Foundation, Scott Neotropical Fund, Conservation Leadership Programme, Kate Stokes Memorial Award y Premio Universidad del Valle de México.

Agradecimientos

Agradecemos a Frankis Chang, a Benito Palacios y Ángel Palacios por su apoyo en el trabajo de campo. A Silvia López Ortiz, del Departamento de Agroecosistemas Tropicales del Colegio de Postgraduados y a Jürgen Glaeser Claus, del Rancho Escuela Agrosol, por su participación en los talleres de Balzapote. Agradecemos el apoyo en la redacción y estilo de Francisco Chincoya.

Literatura citada

- Alayon-Gamboa, J. A., G. Jiménez-Ferrer, J. Nahed-Toral y G. Villanueva-López. 2016. Estrategias silvopastoriles para mitigar efectos del cambio climático en sistemas ganaderos del sur de México. *Agroproductividad* 9(9): 10-15.
- Albrecht, A. y S. T. Kandji. 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 99(1-3): 15-27. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00138-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00138-5)
- Asner, G. P., A. J. Elmore, L. P. Olander, R. E. Martin y A. T. Harris. 2004. Grazing systems, ecosystem responses, and global change. *Annual Review of Environment and Resources* 29: 261-299. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.29.062403.102142>
- Ávila-Foucat, V. S. y D. A. Revollo-Fernández. 2014. Análisis económico-financiero de un sistema silvopastoril: un estudio de caso en los Tuxtlas, México. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* 22: 17-33.
- Bacab-Pérez, H. M. y F. J. Solorio-Sánchez. 2011. Oferta y consumo de forraje y producción de leche en ganado de doble propósito manejado en sistemas silvopastoriles en Tepalcatepec, Michoacán. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13(3): 271-278.
- Barahona, R., M. Sánchez, E. Murgueitio y J. Chará. 2014. Contribución de la *Leucaena leucocephala* Lam. (de Wit) a la oferta y digestibilidad de nutrientes y las emisiones de metano entérico en bovinos pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos. *Carta Fedegán* 140(1): 66-69.
- Bautista-Tolentino, M., S. López-Ortíz, P. Pérez-Hernandez, M. Vargas-Mendoza, F. Gallardo-López y F. Gómez-Merino. 2011. Sistemas agro y silvopastoriles en la comunidad El Limón, municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14(1): 63-76.
- Bryant, D., D. Nielsen y L. Tangle. 1997. The last frontier forests: Ecosystems and economies on the edge. What is the status of the world's remaining large, natural forest ecosystems? Forest Frontiers Initiative. Washington, D.C., USA. 42 pp.
- Calle, A., F. Montagnini y A. F. Zuluaga. 2009. Farmer's perceptions of silvopastoral system promotion in Quindío, Colombia. *Bois et Forêts des Tropiques* 300(2): 79-94.
- Calle, D., Z., A. M. Giraldo S., A. Cardozo, A. Galindo y E. Murgueitio R. 2017. Enhancing biodiversity in neotropical silvopastoral systems: Use of indigenous trees and palms. In: Montagnini, F. (ed.). Integrating landscapes: Agroforestry for biodiversity conservation and food sovereignty. Springer. Cham, Germany. Pp. 417-438. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-69371-2_17
- Carrasco-Carballido, V. y A. Azuela-Rivera. 2009. Viveros comunales. Tu manantial quiere árboles. In: United Nations Development Programme. Vivero de Tebanca. Veracruz, México.
- Carrasco-Carballido, V., A. Azuela Rivera, S. Sinaca, I. Parada, E. Oltehua y D. A. Zúñiga. 2017. Restauración ecológica de manantiales en Los Tuxtlas, Veracruz. In: Reynoso, V. H., R. I. Coates y M. L. Vázquez Cruz (eds.). Avances y perspectivas en la investigación de los bosques tropicales y sus alrededores: La región de Los Tuxtlas. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. Pp. 517-523.
- Chará, J., J. C. Camargo, Z. Calle, L. Bueno, E. Murgueitio, L. Arias, M. Dossman y E. J. Molina. 2015. Servicios ambientales de sistemas silvopastoriles intensivos: mejoramiento del suelo y restauración ecológica. In: Montagnini, F., E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola y B. Eibl (eds.). Sistemas Agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Cali, Colombia. Pp. 331-348.
- Chará-Serna, A. M. y J. Chará. 2020. Efecto de los sistemas silvopastoriles sobre la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos en agropaisajes tropicales. *Livestock Research for Rural Development* 32(11): article 184.
- Chazdon, R. L. y M. R. Guariguata. 2016. Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: Prospects and challenges. *Biotropica* 48(6): 716-730.



- CLP. 2012. Building bridges between rainforest conservation and livestock grazing in Mexico. Conservation Leadership Programme. <https://www.conservationleadershipprogramme.org/project/building-bridges-rainforest-conservation-livestock-grazing-mexico/> (consultado abril de 2022).
- CLP. 2016. Agrosilvopastoral systems: a win-win strategy for tropical Mexico. Conservation Leadership Programme. <https://www.conservationleadershipprogramme.org/project/agrosilvopastoral-systems-a-win-win-strategy-for-tropical-mexico/> (consultado abril de 2022).
- CONANP-SEMARNAT. 2006. Programa de conservación y manejo de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas. 1ra Ed. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Cd. Mx., México. 293 pp.
- Cuartas Cardona, C. A., J. F. Naranjo Ramírez, A. M. Tarazona Morales, E. Murgueitio Restrepo, J. D. Chará Orozco, J. Ku Vera, F. J. Solorio Sánchez, M. X. Flores Estrada, B. Solorio Sánchez y R. Barahona Rosales. 2014. Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 27(2): 76-94.
- CONABIO. 2016. Ecosistemas de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/> (consultado noviembre de 2020).
- de la Peña-Domene, M., C. Martínez-Garza y H. F. Howe. 2013. Early recruitment dynamics in tropical restoration. *Ecological Applications* 23(5): 1124-1134. DOI: <https://doi.org/10.1890/12-1728.1>
- de la Peña-Domene, M., E. S. Minor y H. F. Howe. 2016. Restored connectivity facilitates recruitment by an endemic large-seeded tree in a fragmented tropical landscape. *Ecology* 97(9): 2511-2517. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecy.1459>
- de la Peña-Domene, M., C. Martínez-Garza, S. Palmas-Pérez, E. Rivas-Alonso y H. F. Howe. 2014. Roles of birds and bats in early tropical-forest restoration. *PLoS ONE* 9(8): e104656. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104656>
- De Steven, D. 1991. Experiments on mechanisms of tree establishment in old-field succession: Seedling emergence. *Ecology* 72(3): 1066-1075. DOI: <https://doi.org/10.2307/1940606>
- DG. 2017. Digital Globe, WorldView-3 Data Sheet. <https://discover.digitalglobe.com/> (consultado diciembre de 2016).
- Dirzo, R. 2001. Tropical forests. In: Chapin III, F., O. E. Sala y E. Huber-Sannwalds (eds.). *Global Biodiversity in a Changing Environment*. Springer-Verlag. Nueva York, USA. Pp. 251-276. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0157-8_12
- Dirzo, R., E. González Soriano y C. R. Vogt. 1997. La región de Los Tuxtlas: Introducción general. In: González-Soriano, E., R. Dirzo y R. C. Vogt (eds.). *Historia natural de Los Tuxtlas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. México, D.F., México. Pp. 3-6.
- Early, R. y C. D. Thomas. 2007. Multispecies Conservation Planning: Identifying landscapes for the conservation of viable populations using local and continental species priorities. *Journal of Applied Ecology* 44(2): 253-262. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01268.x>
- Figueroa, D., P. Ortega-Fernández, T. F. Abbruzzini, A. Rivero-Villar, F. Galindo, B. Chavez-Vergara, J. D. Etchevers y J. Campo. 2020. Effects of land use change from natural forest to livestock on soil C, N and P dynamics along a rainfall gradient in Mexico. *Sustainability* 12(20): 8656. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12208656>
- Foley, J. A., R. DeFries, G. P. Asner, C. Barford, G. Bonan, S. R. Carpenter, F. S. Chapin, M. T. Coe, G. C. Daily, H. K. Gibbs, J. H. Helkowski, T. Holloway, E. A. Howard, C. J. Kucharik, C. Monfreda, J. A. Patz, I. C. Prentice, N. Ramankutty y P. K. Snyder. 2005. Global Consequences of Land Use. *Science* 309(5734): 570-574. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1111772>
- Galindo, W., J. F. Naranjo, M. M. Murgueitio, V. A. Galindo, E. Murgueitio y R. Tatis. 2010. Producción de carne bovina con sistemas silvopastoriles intensivos basados en *Guazuma ulmifolia* y otras especies en la región del Caribe seco de Colombia. *Actas del VI Congreso Latinoamericano Agroforestería para la Producción Agropecuaria Sostenible*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Turrialba, Costa Rica.
- García Martínez, A., I. Estrada López, S. Esparza Jiménez, B. Albarrán Portillo, G. Yong Angel y A. A. Rayas Amor. 2018. Evaluación productiva y económica de un sistema silvopastoril intensivo en bovinos doble propósito en Michoacán, México. *CIENCIA ergo-sum* 25(3): 8. DOI: <https://doi.org/10.30878/ces.v25n3a7>
- González-Valdivia, N., E. Barba-Macías, S. Hernández-Daumás y S. Ochoa-Gaona. 2014. Avifauna en sistemas silvopastoriles

- en el Corredor Biológico Mesoamericano, Tabasco, México. *Revista de Biología Tropical* 62(3): 1031-1052.
- Green, R. E., S. J. Cornell, J. P. W. Scharlemann y A. Balmford. 2005. Farming and the fate of wild nature. *Science* 307(5709): 550-555. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1106049>
- Guevara Sada, S., J. Laborde y G. Sánchez-Ríos. 2004. Los Tuxtlas: El paisaje de la sierra. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México. 287 pp.
- Hermosillo González, Y., J. Aguirre Ortega, R. Alonso Rodríguez, C. Ortega Aguirre, A. Gómez Gurrola y R. Magaña Macías. 2008. Métodos inductivos para maximizar la germinación de semilla de germoplasma nativo en vivero para sistemas silvopastoriles en Nayarit, México. *Zootecnia Tropical* 26(3): 355-358.
- Houghton, R. A. 1994. The Worldwide Extent of Land-use Change: In the last few centuries, and particularly in the last several decades, effects of land-use change have become global. *BioScience* 44(5): 305-313. DOI: <https://doi.org/10.2307/1312380>
- Howe, H. F. 1977. Bird activity and Seed Dispersal of a Tropical Wet Forest Tree. *Ecology* 58(3): 539-550. DOI: <https://doi.org/10.2307/1939003>
- Howell, S. N. y S. Webb. 1995. A guide to the Birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press. Oxford, UK. 851 pp.
- IUCN. 2021. The IUCN red list of threatened species. <https://www.iucnredlist.org/> (consultado noviembre de 2021).
- Karancsi, Z. 2010. Agriculture: Deforestation. In: Szabó, J., L. Dávid y D. Lóczy (eds.). *Anthropogenic Geomorphology*. Springer. Dordrecht, The Netherlands. Pp. 95-112.
- Laborde, J., S. Guevara y G. Sánchez-Ríos. 2008. Tree and shrub seed dispersal in pastures: The importance of rainforest trees outside forest fragments. *EcoScience* 15(1): 6-16. DOI: [https://doi.org/10.2980/1195-6860\(2008\)15\[6:TASSDI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2980/1195-6860(2008)15[6:TASSDI]2.0.CO;2)
- Lamb, D., P. D. Erskine y J. A. Parrotta. 2005. Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science* 310(5754): 1628-1632. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1111773>
- Maldonado, M. N., D. J. Grande, E. E. Fuentes, S. Hernández, F. Pérez-Gil y A. Gómez. 2008. Los sistemas silvopastoriles de la región tropical húmeda de México: El caso de Tabasco. *Zootecnia Tropical* 26(3): 305-308.
- Martínez-Garza, C. y H. F. Howe. 2003. Restoring tropical diversity: Beating the time tax on species loss. *Journal of Applied Ecology* 40(3): 423-429. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2003.00819.x>
- Martínez-Garza, C., J. Campo, M. Ricker y W. Tobón. 2016. Effect of initial soil properties on six-year growth of 15 tree species in tropical restoration plantings. *Ecology and Evolution* 6(24): 8686-8694. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.2508>
- Martínez-Garza, C., A. Flores-Palacios, M. de La Peña-Domene y H. F. Howe. 2009. Seed rain in a tropical agricultural landscape. *Journal of Tropical Ecology* 25(5): 541-550. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467409990113>
- Medellín, R., H. Arita y O. Sánchez. 2008. Identificación de los murciélagos de México. Clave de campo (2ª edición). Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 83 pp.
- Mercer, D. E., G. E. Frey y F. W. Cubbage. 2014. Economics of agroforestry. In: Kant. S. y J. R. R. Alavalapatis (eds.). *Handbook of Forest Resource Economics*. Routledge. London, UK. Pp. 188-209.
- Molina, C. H., C. H. Molina y E. J. Molina. 2006. La reserva natural El Hatico: Ganadería competitiva y sostenible basada en el silvopastoreo intensivo. *Carta Fedegan* 95: 74-76.
- Montagnini, F. 2015. Función de los sistemas agroforestales en la adaptación y mitigación del cambio climático. In: Montagnini, F., E. Somarriba, E. Murgueitio, H. Fassola y B. Eibl (eds.). *Sistemas agroforestales: Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. Pp. 269-298.
- Montagnini, F. y C. F. Jordan. 2005. *Tropical Forest Ecology: The Basis for Conservation and Management*. Springer. Heidelberg, Gernaby. 295 pp. DOI: <https://doi.org/10.1007/b138811>
- Montagnini, F., M. Ibrahim y E. Murgueitio. 2013. Silvopastoral systems and climate change mitigation in Latin America. *Bois et Forêts des Tropiques* 316(2): 3-16.
- Moran, D. y E. Wall. 2011. Livestock production and greenhouse gas emissions: Defining the problem and specifying solutions. *Animal Frontiers* 1(1): 19-25. DOI: <https://doi.org/10.2527/af.2011-0012>
- Murgueitio, E., Z. Calle, F. Uribe, A. Calle y B. Solorio. 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management* 261(10): 1654-1663. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.027>





- Murgueitio, E., R. Barahona, J. D. Chará, M. Flores, R. Mauricio y J. J. Molina. 2015. The intensive silvopastoral systems in Latin America sustainable alternative to face climatic change in animal husbandry. *Cuban Journal of Agricultural Science* 49(4): 541-554.
- Murgueitio, E., P. Cuellar, M. Ibrahim, J. Gobbi, C. A. Cuartas, J. F. Naranjo, A. Zapata, C. E. Mejía, A. F. Zuluaga y F. Casasola. 2006. Adopción de sistemas agroforestales pecuarios. *Pastos y Forrajes* 29(4): 365-381.
- Myers, N. 1991. Tropical Forests: Present Status and Future Outlook. *Climatic Change* 19(1-2): 3-32. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00142209>
- Nair, P. K. R. 1985. Classification of agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 3(2): 97-128. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00122638>
- Naranjo, J. F., C. A. Cuartas, E. Murgueitio, J. Chará y R. Barahona. 2012. Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. *Livestock Research for Rural Development* 24(8): 8-24.
- Ojima, D. S., K. A. Galvin y B. L. Turner. 1994. The global impact of land-use change. *BioScience* 44(5): 300-304. DOI: <https://doi.org/10.2307/1312379>
- Olivares-Pérez, J., S. Rojas-Hernández, F. Avilés-Nova, L. M. Camacho-Díaz, M. Cipriano-Salazar, R. Jiménez-Guillén y F. Quiroz-Cardozo. 2016. Uses of non-leguminous trees in silvopastoral systems in the south of the State of Mexico. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 3(8): 193-202.
- Palma, J. M. 2006. Silvopastoral system in animal production. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 14(3): 95-104.
- Paquette, A. y C. Messier. 2010. The role of plantations in managing the world's forests in the Anthropocene. *Frontiers in Ecology and the Environment* 8(1): 27-34. DOI: <https://doi.org/10.1890/080116>
- Perfecto, I. y J. Vandermeer. 2010. The agroecological matrix as alternative to the land-sparing/agriculture intensification model. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107(13): 5786-5791. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0905455107>
- Pollock, K. H., S. R. Winterstein, C. M. Bunck y P. D. Curtis. 1989. Survival Analysis in Telemetry Studies: The Staggered Entry Design. *The Journal of Wildlife Management* 53(1): 7-15. DOI: <https://doi.org/10.2307/3801296>
- Powell, B., S. H. Thilsted, A. Ickowitz, C. Termote, T. Sunderland y A. Herforth. 2015. Improving diets with wild and cultivated biodiversity from across the landscape. *Food Security* 7(3): 535-554. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0466-5>
- Ramankutty, N. y J. A. Foley. 1999. Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochemical Cycles* 13(4): 997-1027. DOI: <https://doi.org/10.1029/1999GB900046>
- Ramírez-Barajas, P. J., B. E. Santos-Chable, F. Casanova-Lugo, L. A. Lara-Pérez, J. I. Tucuch-Haas, A. Escobedo-Cabrera, G. Villanueva-López y V. F. Díaz-Echeverría. 2019. Diversidad de macro-invertebrados en sistemas silvopastoriles del sur de Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical* 67(6): 1383-1393. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i6.36944>
- Reid, F. A. 1997. *A Field Guide to the Mammals of Central America and Southeast Mexico*. Oxford University Press. Oxford, UK. 368 pp.
- Restrepo, E. M., R. Barahona Rosales, M. X. Flores Estrada, J. D. Chará Orozco y J. E. Rivera Herrera. 2016. Es posible enfrentar el cambio climático y producir más leche y carne con sistemas silvopastoriles intensivos. *Ceiba* 54(1): 23-30. DOI: <https://doi.org/10.5377/ceiba.v54i1.2774>
- Rivas-Alonso, E., C. Martínez-Garza, M. de la Peña-Domene y M. Méndez-Toribio. 2021. Large trees in restored tropical rainforest. *Forest Ecology and Management* 498: 119563. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119563>
- Roche, J. R., P. Dillon, C. R. Stockdale, L. H. Baumgard y M. J. VanBaale. 2004. Relationships among International Body Condition Scoring Systems. *Journal of Dairy Science* 87(9): 3076-3079. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73441-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73441-4)
- Román-Miranda, M. L., A. Mora-Santacruz y A. Gallegos-Rodríguez. 2004. Especies arbóreas de la costa de Jalisco, México, utilizadas como forraje en sistemas silvopastoriles. *Scietia* 6(1-2).
- Savidge, R. A. 2003. Tree growth and wood quality. In: Barnett, J. R. y G. Jeronimidis (eds.). *Wood Quality and Its Biological Basis*. Blackwell Scientific. Oxford, UK. Pp. 1-29.
- SEMARNAT. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la





- Federación. Cd. Mx., México. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010.
- Soto, M. y L. Gama. 1997. La región de Los Tuxtlas: Climas. In: González Soriano, E., R. Dirzo y. R. C. Vogt (eds.). Historia natural de Los Tuxtlas. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. México, D.F., México. Pp. 7-23.
- StatSoft, I. 2017. Statistica (data analysis software system), version 13.3. Tulsa, USA.
- TRF. 2011. Building Bridges between Tropical Rain Forest and Cattle Ranchers: Creating Incentives for Overcoming Forest Regeneration Barriers. <https://www.rufford.org/projects/marin%C3%A9s-de-la-pe%C3%B1a-domene/building-bridges-between-tropical-rain-forest-and-cattle-ranchers-creating-incentives-for-overcoming-forest-regeneration-barriers/> (consultado abril de 2021).
- TFF. 2013. Integrating Rainforest Conservation to the Agricultural Landscape in Los Tuxtlas, Mexico. <https://www.rufford.org/projects/marin%C3%A9s-de-la-pe%C3%B1a-domene/integrating-rainforest-conservation-to-the-agricultural-landscape-in-los-tuxtlas-mexico> (consultado abril de 2022).
- Tobon, W., C. Martínez-Garza y J. Campo. 2011. Soil responses to restoration of a tropical pasture in Veracruz, south-eastern Mexico. *Journal of Tropical Forest Science* 23(3): 338-344.
- Turner, I. M. 1996. Species loss in fragments of tropical rain forest: A review of the evidence. *Journal of Applied Ecology* 33(2): 200-209. DOI: <https://doi.org/10.2307/2404743>
- Vandermeer, J. y I. Perfecto. 2007. The agricultural matrix and a future paradigm for conservation. *Conservation Biology* 21(1): 274-277. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00582.x>
- Villa-Herrera, A., M. E. Nava-Tablada, S. López-Ortiz, S. Vargas-López, E. Ortega-Jimenez y F. Gallardo-López. 2009. Utilización del guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) como fuente de forraje en la ganadería bovina extensiva del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10(2): 253-261.
- Yamamoto, W., I. A. Dewi y M. Ibrahim. 2007. Effects of silvopastoral areas on milk production at dual-purpose cattle farms at the semi-humid old agricultural frontier in central Nicaragua. *Agricultural Systems* 94(2): 368-375. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2006.10.011>
- Zepeda Cancino, R. M., M. E. Velasco Zebadúa, J. Nahed Toral, A. Hernández Garay y J. J. Martínez Tinajero. 2016. Adopción de sistemas silvopastoriles y contexto sociocultural de los productores: Apoyos y limitantes. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 7(4): 471-488.





Apéndice 1: Historial de proyectos realizados por el grupo de trabajo y autores de este artículo en Los Tuxtlas, Veracruz, México, relacionados con la restauración ecológica de pastizales y Sistemas silvopastoriles. ¹TRF, 2011; ²CLP, 2012; ³TFF, 2013; ⁴CLP, 2016.

Proyecto		Resultados principales	Lo que se aprendió
2011 - 2012	Building bridges between tropical rain forest and cattle ranchers: creating incentives for overcoming forest regeneration barriers ¹	Probamos que el establecimiento de plantaciones de <i>Carica papaya</i> L., <i>Ficus aurea</i> Nutt. y <i>Spondias purpurea</i> L. en áreas deforestadas atraen aves (generalistas, granívoras, frugívoras, insectívoras, aves de presa) y murciélagos (frugívoros e insectívoros) que se alimentan y usan el sitio para perchar.	El movimiento de animales entre parcelas y a través del paisaje fragmentado es el primer paso para restaurar la dispersión de semillas y la conectividad del paisaje.
	Overcoming barriers to rain forest regeneration in a Mexican agricultural mosaic ¹		
2012 - 2014	Building bridges between rain forest conservation and livestock grazing in Mexico ²	Los ganaderos que participaron en el proyecto reconocen los beneficios indirectos de las plantaciones establecidas (retención de suelo, frutos comestibles y presencia de aves); pero el vínculo entre esos beneficios y la producción ganadera no estaba claro. Se generó un diagnóstico básico inicial de la producción ganadera local en un primer taller en la comunidad de Sontecomapan.	Es de vital importancia vincular los beneficios de las plantaciones de restauración inmersas en los pastizales, con la producción ganadera local a través de la implementación de sistemas silvopastoriles enriquecidos con parcelas de restauración (SSPE)
	Integrating rainforest conservation to the agricultural landscape in Los Tuxtlas, Mexico ³		
2014 - 2015	Regarding ecosystem services to improve livestock production and biodiversity conservation ²		
2016 - 2020	Agrosilvopastoral systems: A win win strategy for tropical Mexico ⁴	El establecimiento exitoso de una parcela demostrativa de Sistema Silvopastoril Enriquecido (con plantaciones de restauración) y los talleres participativos sobre producción ganadera y sistemas productivos en la comunidad de Balzapote, sientan las bases para que más ganaderos adopten los SSPE como estrategia de ganadería sustentable.	La conservación de los recursos naturales y la producción ganadera pueden ser objetivos que no se descarten mutuamente. Los SSPE representan una alternativa de producción ganadera sustentable. En su implementación, vinculamos el conocimiento sobre ecología de la restauración y la conservación de los recursos naturales, con las necesidades de sustento de los ganaderos de la zona.
	Programa de Manejo de sistemas Silvopastoriles ²		





Apéndice 2: Cuestionario dirigido a los ganaderos que asistieron al primer Taller de Sistemas Silvopastoriles en la localidad de Balzapote, Los Tuxtlas, Veracruz, México, en mayo de 2016.

I. Datos generales

1. Nombre
 2. Edad
 3. Estado civil
 4. Domicilio
 5. Ocupación
 6. ¿En qué porcentaje depende económicamente de la ganadería?
 7. Datos de contacto
-

II. Datos del terreno

8. ¿El terreno donde tiene su ganado es propio?
 - a. Sí (Pase a la pregunta 10)
 - b. No
 9. El terreno es:
 - a. ¿Rentado?
 - b. ¿Prestado? (Pase a la pregunta 11)
 10. ¿Renta parte de su terreno a otras personas?
 11. ¿Cuál es el tamaño de los terrenos?
 12. ¿Cuánto del terreno usa para su ganado?
 13. ¿Cómo es su terreno? (Dibujo)
 14. ¿Hay monte (selva conservada) en su terreno?, ¿Cuánto (superficie)?
 15. ¿Hay árboles en el terreno donde está su ganado?
 - a. Sí (Pase a la pregunta 16)
 - b. No (Pase a la pregunta 17)
 16. ¿Dónde se ubican los árboles?
 - a. Cercas
 - b. Pastizal
 - i. Dispersos
 - ii. Agrupados
-

III. Datos del ganado

17. ¿Cuántas cabezas de ganado tiene?
 - a. Vacas:
 - b. Becerras:
 - c. Toros:
 18. ¿De qué raza es su ganado?
 19. ¿Cuál es el propósito de su ganado?
 - a. Leche
 - b. Carne
 - c. Mixto
-

IV. Aprovechamiento del ganado

20. ¿Cuántas vacas ordeña al día?
 - a. Secas (temporada de estiaje):
 - b. Lluvias:
21. En total, ¿Cuántos litros de leche producen al día?
 - a. Secas (temporada de estiaje):



**Apéndice 2:** Continuación.

b. Lluvias:

22. ¿A qué dedica la leche que obtiene? (cantidad o porcentaje)

a. Autoconsumo

b. Venta (Pase a la pregunta 23)

c. Queso

23. ¿A quién le vende la leche?

24. ¿A qué precio le pagan el litro de leche?

a. Secas (temporada de estiaje):

b. Lluvias:

25. ¿A qué edad vende el ganado destinado a carne?

26. En promedio, ¿de cuántos kilos vende su ganado?

27. ¿A quién vende su ganado?

28. ¿A qué precio le pagan el kilo de “ganado en pie”?

V. Alimento del ganado

29. ¿Qué tipo de pasto tiene? (Variedad)

30. Además de pasto, ¿da otro alimento a sus vacas?

a. Si

b. No (Pase a Sección VI)

31. ¿En qué temporada da alimento suplementario?

a. Secas (temporada de estiaje)

b. Lluvias

c. Ambas

32. Del alimento suplementario, ¿cuánto suministra a la semana y cuál es su costo?

Unidades/semana

Costo/unidad

¿Dónde lo compra?

a. Gallinaza

b. Melaza

c. Forrajes

d. Alimento balanceado

e. Sales minerales

f. Otro

33. ¿Usted va por el alimento o se lo llevan?

34. De las siguientes actividades, ¿cuáles realiza en el pastizal?

Secas / Lluvias

Frecuencia

a. Chapeo

b. Aplicación de fertilizantes

c. Aplicación de herbicidas

d. Aplicación de insecticidas

e. Mantenimiento del cercado

f. Otras

35. ¿Paga jornales para la realización de estas actividades? ¿Cuánto?

a. Chapeo

b. Aplicación de fertilizantes

c. Aplicación de herbicidas

d. Aplicación de insecticidas

e. Mantenimiento del cercado



**Apéndice 2:** Continuación.

f. Otras

36. ¿Cuál es el costo de los productos que utiliza?

a. Aplicación de fertilizantes

b. Aplicación de herbicidas

c. Aplicación de insecticidas

d. Otro

VI. Sanidad del ganado

37. ¿Qué método de ordeña utiliza?

a. Manual

b. Mecánico

38. ¿Sus vacas padecen mastitis?

a. Si % _____

b. No

39. ¿Da algún suplemento alimenticio? (Diferente al alimento balanceado, p. ej. vitaminas o sales)

a. Si

b. No (Pase a la pregunta 41)

40. ¿Cuáles son los suplementos alimenticios que da?

Frecuencia Costo

a. _____

b. _____

c. _____

41. ¿Aplica garrapaticidas?

a. Si

b. No

42. ¿Cuál aplica? (Marca del producto)

Frecuencia Costo

a. _____

b. _____

c. _____

VII. Apoyo a la ganadería

43. ¿Recibe o ha recibido asesoría técnica para el manejo de su ganado?

a. Si

b. No (Pase a la pregunta 45)

44. ¿Qué tipo de asesoría recibió y de qué Institución?

45. ¿Ha sido beneficiario de algún paquete tecnológico relacionado con la ganadería?

a. Si

b. No (Pase a la pregunta 47)

46. ¿Qué paquete tecnológico recibió y de qué Institución?

47. ¿Es o ha sido beneficiario de subsidios o apoyos económicos relacionados con la ganadería?

a. Si

b. No (Pase a la sección IX)

48. ¿De qué programa es o ha sido beneficiario?

VIII. Percepción, trabajo y organización

49. ¿Desde hace cuántos años se dedica a la ganadería?

50. ¿Quién le enseñó a manejar el ganado?





Apéndice 2: Continuación.

51. ¿Le gusta ser ganadero?
52. ¿Qué miembros de su familia le ayudan en el trabajo? (número)
 - a. Cónyuge
 - b. Hijos
 - c. Hijas
 - d. Otros (parientes)
53. ¿Otras personas (no parientes) le ayudan en el trabajo?
54. ¿Paga jornales a estas personas?
55. Si no paga jornales, ¿cuál es el acuerdo que tiene con estas personas?
56. ¿Pertenece a alguna organización (campesina, ejidal, ganadera, etc.) ¿Cuál?





Apéndice 3: Preguntas incluidas en la entrevista al ganadero Frankis Antonio Chang Landa; dueño del terreno en donde se estableció una parcela demostrativa de Sistema Silvopastoril Enriquecido en la localidad de Balzapote, San Andrés Tuxtla, Veracruz, México.

1. ¿Cuál es su nombre?
2. ¿Cuál ha sido la inversión en trabajo que has hecho en el Sistema Silvopastoril?
3. ¿Cuánto tiempo ha invertido?
4. ¿Cuánto dinero ha invertido?
5. Antes de implementar este sistema silvopastoril, ¿cómo manejaba el potrero?
6. Ahora con este Sistema, ¿Cómo ha cambiado -el manejo-?
7. ¿Qué cambios ha notado a partir de la implementación del sistema?
8. Además de la cantidad, ¿ha visto cambios en la calidad de la leche?
9. ¿Ha notado cambios en la salud y actividad de las vacas?
10. ¿Qué aprendizajes le ha dejado implementar este Sistema en su terreno?
11. ¿Ha compartido su experiencia con otros ganaderos?
12. A partir de la experiencia del aprendizaje que ha tenido, ¿qué le diría a sus vecinos ganaderos?

La entrevista completa se puede consultar en el siguiente vínculo: <https://www.youtube.com/watch?v=Ym26HismBJM>

