



El Colegio de la Frontera Sur

¿Ganadería sustentable?: análisis socio-ecológico y geográfico de
sistemas silvopastoriles en la Costa de Chiapas

Tesis
presentada como requisito para optar al grado de
Doctora en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable
Con orientación en Ciencias de la Sustentabilidad
Por

Alma Liz Vargas de la Mora

2021



El Colegio de la Frontera Sur

San Cristóbal de las Casas, 26 de abril de 2021

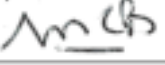
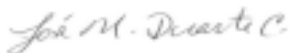
Las personas abajo firmantes, miembros del jurado examinador de:

Alma Liz Vargas de la Mora

hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada

¿Ganadería sustentable?: análisis socio-ecológico y geográfico de sistemas silvopastoriles en la Costa de Chiapas

para obtener el grado de **Doctora en Ciencias en Ecología y Desarrollo Sustentable**

	Nombre	Firma
Director/a	Vera Camacho Valdéz	
Asesor/a	María del Carmen Hernández Moreno	
Asesor/a	Timothy O. Randhir	
Asesor/a	Manuel Jesús Cach Pérez	
Sinodal adicional	Marie Claude Brunel Manse	
Sinodal adicional	José María Duarte Cruz	
Sinodal adicional	José Nahed Toral	

“No se puede dirigir desde una sola mente todos los procesos”

Ayesterán 2011

Dedicatoria

Este proceso de crecimiento profesional, pero a su vez recordatorio constante del basto trabajo que falta por realizar en los diferentes temas de la vida, está dedicado a mi familia, mis tres caballeros, soporte incondicional y compañeros de aventuras.

Dedico este logro a mis padres, quienes son por mucho los que forjaron en mí la tenacidad y curiosidad por aprender cada día más, seguir adelante pese a los obstáculos y tratar de no perder el camino por confuso que parezca.

Agradecimientos

Agradezco a los productores de la Cuenca Coapa que participaron en este estudio, que compartieron sus experiencias, voluntad y tiempo.

Agradezco a las organizaciones civiles y gubernamentales que facilitaron su conocimiento y experiencias en este campo de trabajo, en especial a Pronatura Sur quien contribuyó de manera relevante en el suministro de información.

Agradezco al equipo técnico de LAIGE de Ecosur por su apoyo para iniciar este camino en la geografía, al Dr. Miguel Angel Castillo por su acompañamiento profesional.

Agradezco a la Dra. Mercedes Guadarrama, al personal de la biblioteca de Ecosur; a Hermilo Cruz y el personal de la biblioteca que durante los cuatro años de este proceso estuvieron cordial y eficientemente apoyándome.

Agradezco de manera muy especial a mi comité asesor, quienes más allá de su excelencia profesional y calidad académica, compartieron sus conocimientos con gran calidad humana, son parte esencial de esta investigación y de mi formación; Gracias Dra. Vera Camacho, Dra. María del Carmen Hernández, Dr. Timothy Randhir y Dr. Manuel Jesús Cach Pérez. Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo otorgado con el No. 462207, para la realización de estudios de nivel doctorado.

Agradezco a todas esas personas que en algún momento de este proceso han estado presentes, apoyándome y orientándome.

Contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Resumen.....	v
Capítulo 1. Introducción general.....	8
1. Introducción.....	8
Política del Desarrollo Sustentable en México.....	10
Del paisaje natural al paisaje rural.....	14
Transformaciones del paisaje: el enfoque de cambio de uso y cobertura de suelo.....	15
Los paisajes ganaderos y su dinámica de cambio.....	17
Factores impulsores de cambio y toma de decisiones desde un enfoque socio-ecológico.....	21
Sistemas de gobernanza.....	23
Antecedentes de sistemas silvopastoriles en la Costa de Chiapas.....	24
2. Justificación.....	25
3. Preguntas de Investigación.....	26
4. Objetivo General.....	27
Objetivos específicos.....	27
5. Hipótesis.....	27
6. Estructura de la tesis.....	28
Capítulo 2. Tecnologías agroforestales en ganadería: estrategia de adaptación al cambio climático en territorios costeros.....	29
Capítulo 3. Arreglos espaciales y servicios ecosistémicos en sistemas ganaderos de Chiapas	51
Capítulo 4. Conocer para mejorar: factores que influyen en la transición hacia sistemas silvopastoriles en la costa de Chiapas.....	84
Capítulo 5. Consideraciones finales.....	101
Conclusión.....	105
Literatura.....	106

Resumen

En la presente tesis se investiga el proceso de transición del manejo extensivo ganadero hacia uno de mayor sustentabilidad, incentivado a través del proyecto silvopastoril que se desarrolló durante el período 2005-2016 en la Costa de Chiapas, México. Para ello, se analizan cuatro aspectos: los arreglos espaciales de los potreros, cambios en la cobertura forestal de los predios, uso de árboles/arbustos de potrero, así como su relación con la adaptación al cambio climático y los factores que influyen en la adopción de tecnologías silvopastoriles. Se desarrolló una metodología mixta a partir de un enfoque socioecológico, realizando entrevistas abiertas, semiestructuradas y visitas de campo con el fin de reconstruir el proceso del proyecto desde la visión de los productores participantes (43 productores) en contraste con un grupo control (6 productores). La información se relacionó con análisis de imágenes satelitales de alta resolución (digitalización escala 1:3000). El proyecto silvopastoril (pSSP) incentivó cambios positivos en el aumento de cobertura forestal de los predios ganaderos transitando de áreas de pastoreo sin árboles a zonas de árboles dispersos en potreros, cercos vivos y pastoreo bajo árboles, sin embargo, el cambio no fue proporcional al tiempo e inversión del proyecto. También promovió un cambio de paradigma de los productores con respecto a la conservación de cobertura forestal. Los principales factores que limitaron la adopción de tecnologías silvopastoriles fueron la deficiencia en el acompañamiento técnico, las dificultades del manejo de plagas y enfermedades de plantas y animales, mantenimiento de especies vegetales introducidas, así como la responsabilidad del productor para cumplir con los compromisos del proyecto. La réplica de modelos silvopastoriles de manejo intensivo no es factible en la región de estudio. Se sugiere se prioricen acciones que incentiven especies arbóreas multifuncionales dentro del sistema. Se identificaron elementos clave para reorientar las estrategias como: ubicación del predio, tipo de productor y percepción de utilidad de especies arbóreas y arbustivas locales.

Palabras clave: Sustentabilidad, Adopción tecnológica, Servicios ecosistémicos, Cambio de uso de suelo, Adaptación al cambio climático.

Capítulo 1. Introducción general

1. Introducción

En México, cuando se habla de ganadería y desarrollo se piensa en degradación y deforestación, pues ha sido constante la señalización de esta actividad como detractor del bienestar ambiental debido al manejo extensivo del sistema (Skutsch y Turnhout 2020). La ganadería extensiva es el resultado de la influencia de políticas públicas controversiales, la apertura al comercio internacional frente a una sociedad poco preparada para afrontar este reto, la privatización de infraestructura productiva, reorientación de subsidios que estaban destinados al campo, así como el impulso a la revolución verde y políticas forestales restrictivas ocurridas en la década de los setentas a noventas (Márquez et al. 2008; Fletes-Ocón 2009; Marinidou et al. 2019).

Es evidente que el modelo de desarrollo basado en el progreso capitalista que alienta el consumismo y la competitividad de los mercados no ha tenido resultados positivos sobre la sustentabilidad territorial (Márquez et al. 2008; Escobar 2014). La adopción de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sustentable impulsada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) promete un cambio de enfoque de los sistemas productivos, el cual, reivindica el manejo de las actividades agropecuarias hacia uno que incorpore un balance entre las dimensiones social, ambiental y económica (FAO 2018). Sin embargo, es frecuente encontrar iniciativas institucionales diseñadas para cumplir objetivos que responden a las necesidades del financiador sin considerar los intereses, el contexto socioambiental, económico o cultural de la población objetivo (Browa 1983; Borrás et al. 2015; Vargas-de la Mora 2018).

El nuevo enfoque impulsado por la ONU prioriza la restauración ambiental de las áreas productivas generando una diversidad de incentivos que condicionan las labores en el campo, principalmente en el sector ganadero (Grunwald 2018; Bopp et al. 2019). Las estrategias de intervención en campo tienden a ser generalistas y con frecuencia, son réplicas de modelos no adaptados a las condiciones locales

donde se van a implementar, que pretenden estandarizar procesos y configuraciones territoriales, minando los conocimientos tradicionales y empíricos de los productores locales (Shiva 2006).

En contraste, se han documentado experiencias comunitarias que promueven la construcción de sus propios modelos de desarrollo, orientados a difundir la cosmovisión local, cargados de un gran peso cultural, de justicia ambiental y social (Vitousek et al. 2009; Escobar 2014). En este sentido, comprender cuáles son los elementos que influyen en estos procesos es crucial para diseñar estrategias ambientales y sociales que minimicen los impactos negativos derivados del cambio de uso del suelo. Montero-Mata y Viales-Hurtado (2015) sostienen que la toma de decisiones tiene un impacto directo en la transformación del paisaje a través de los procesos de apropiación del territorio de los poseedores de la tierra. La toma de decisiones es un proceso cognitivo complejo (Lambin y Geist 2007), el cual depende del valor que el individuo atribuye al territorio, el peso emocional, cultural, económico y ambiental, así como la influencia del grupo social y los actores externos, que pueden ser profesionistas o técnicos (Lambin y Helmut 2006).

En este contexto, la re-dirección de la ganadería extensiva hacia un marco de sostenibilidad socio-ambiental¹, implica el cambio de prácticas de manejo (FAO 2009), la gestión responsable del sistema productivo, y un marco legal apropiado que fortalezca dicho tipo de desarrollo (Ocampo 2006; Janzen 2011). Este planteamiento demanda también un cambio de paradigma en el que, probablemente, las estructuras políticas, económicas, académicas y sociales no están preparadas para asumirlo (Vitousek, et al. 2009; Escobar 2014).

1 Para esta investigación doctoral se considera el planteamiento de Urquiza y Cadenas (2015) donde socio-ambiental es la relación de los sistemas social y sistema ambiental acoplados desde lo individual mediante propiedades como organización y estructura; en tanto que, el sistema socio-ecológico será abordado como una unidad en orden mayor que se delimita por las interacciones de los sistemas social y ambiental, tratando a este último como el enfoque de análisis de dicho conjunto

En un escenario idílico, una propuesta de intervención debería considerar la integración de los ámbitos financieros, físicos, humanos, naturales, políticos, sociales y culturales (Vargas-de la Mora 2013), por medio del análisis de los cambios en el territorio a una escala geográfica de alta resolución.

Una evaluación debería integrar criterios como: tipo de manejo, tipo de productor, objetivo de producción (Gómez-Castro et al. 2013), amenazas del sistema como pueden ser climáticas, problemas de producción, de mercado, impacto del manejo en el territorio considerando una escala temporal (Fischer y Miller 2012), así como infraestructura, fortalecimiento de capacidades (técnicas, administrativas y organizacionales), habilidades para el manejo del sistema y el acceso a medios de financiamiento (INEGI 2007); convirtiéndose en un proceso complejo más que un proyecto.

Política del Desarrollo Sustentable en México

En 1972 la ONU convocó, por primera vez, a expertos de diversos países a la Cumbre de la Tierra con el objetivo de dialogar entorno a la preocupante pérdida de biodiversidad y sus impactos en el planeta. En su segunda sesión en 1992 se hizo latente la preocupación sobre temas como la superpoblación, el cambio climático, la deforestación, la desertificación, la extinción de especies de flora y fauna, las cuales se plasmaron en el Tratado de la Biodiversidad. A lo largo del tiempo con diferentes matices, estos debates han tenido continuidad hasta el día de hoy. Fruto de ello surgieron protocolos que firmaron diversos países (entre ellos México) de manera voluntaria y con el afán de generar acciones en pro de la conservación de los recursos naturales. Algunos ejemplos de estos protocolos son: La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (1992 y 1993) y Protocolo de Kioto (1997 y 2000) ambos firmados y ratificados por México (Alboreda et al. 1997; CEPAL 2015).

En 1987 la Comisión Mundial sobre el Ambiente y el Desarrollo en Asamblea General (ONU 1987), con el objetivo de garantizar que los países miembros

tuvieran una base común para construir “Nuestro Futuro Común” contra el cambio climático, definió el término Desarrollo Sustentable (concepto que ha sufrido cambios a lo largo del tiempo) como:

Un proceso de cambio en el que la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del cambio tecnológico e institucional, están todos en armonía, aumentando el potencial actual y futuro para atender las necesidades y las aspiraciones humanas; todo esto significa que el desarrollo del ser humano debe hacerse de manera compatible con los procesos ecológicos que sustentan el funcionamiento de la biósfera.

ONU, 1987, p. 24

En este marco, en el año 2010, durante la Conferencia de las Partes (COP16) celebrada en Cancún, México se comprometió a iniciar la estrategia para la reducción de emisiones de carbono por deforestación y degradación (REDD+) en el país. Para 2011 se publicó el documento “Elementos para el Diseño de la Estrategia Nacional REDD+”, que surgió del trabajo de representantes del gobierno federal y estatales, algunos grupos de productores, organizaciones de la sociedad civil y dueños de la tierra, el cual, fue sometido posteriormente a consulta pública como la Estrategia Nacional REDD+ (CONAFOR 2010).

Con el objetivo de conservar los bosques y selvas nacionales, en el país se creó en el año 2012 la Alianza México para la Reducción de Emisiones de Carbono por Deforestación y Degradación (Alianza México REDD+), estableciendo cinco áreas prioritarias (Península de Yucatán, Oaxaca, Chiapas, Cutzamala y Chihuahua), para el desarrollo de estrategias piloto orientadas al desarrollo rural sustentable. En este esfuerzo, se priorizaron las intervenciones en los sistemas ganaderos extensivos como un ejercicio clave para la restauración del paisaje (CONAFOR 2017).

Tres años después, 193 países (México entre ellos), establecieron 17 objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) en los que se concretan tres objetivos principales: 1) Erradicar la pobreza; 2) combatir la desigualdad y la injusticia y, 3) solucionar el cambio climático con la meta de cumplimiento a 15 años. En este encuentro, se generó el documento “Transformar Nuestro Mundo: Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, el cual se enfoca en dimensiones integradas a trabajar de manera congruente en la escala nacional-local, regional y global. Este documento plantea como áreas críticas de trabajo a las personas, el planeta, la prosperidad, la paz y las alianzas y al mismo tiempo reconoce la interdependencia entre los pilares de la sustentabilidad: lo social (progreso), la economía (crecimiento) y el ambiente (protección), (ONU 2017). De acuerdo con esta agenda, anualmente se analizaría el cumplimiento de estos objetivos a nivel país (ONU 2017).

En 2016 México firmó el Acuerdo de París, adoptado en la Convención Marco sobre Cambio Climático (COP21) donde asumió el compromiso de cumplir con los 17 ODS y a reducir el 22 % de las emisiones de gases de efecto invernadero, 51 % de carbono y en materia de adaptación, alcanzar una tasa neta de cero deforestación, para el año 2030 (CONAFOR 2010).

Paradójicamente, las políticas internacionales no se apegan en la práctica a la búsqueda de la soberanía alimentaria y bienestar socio-ecológico de las poblaciones rurales (Demo-Tuñón et al. 1999). En el caso de México, predominantemente ha mantenido sus políticas dirigidas al paradigma de seguridad alimentaria, el cual, ha impulsado a través de diferentes adaptaciones como Modernización Ecológica y Modernización Sustentable, iniciativas que privilegian los rendimientos de actividades primarias vinculando la producción de monocultivos, la sustitución de tecnologías y el comercio globalizado. Lo anterior es cuestionable al considerar que la mayor población del país se encuentra en un marco de vulnerabilidad social, económica y ambiental (Cherni 2003; González 2008; Pat-Fernández et al. 2011; Domínguez 2015; Pinto 2016; López 2018).

En 2013, México comenzó la construcción del modelo de intervención REDD+, esta vez, en la búsqueda de modelos funcionales para el pago por resultados y un modelo de distribución de beneficios con la Iniciativa de Reducción de Emisiones (IRE) en la cual participaron los estados de Campeche, Chiapas, Jalisco, Quintana Roo y Yucatán. En estos esfuerzos se asume que la intervención territorial debe ser multi-escala y que es necesario involucrar a los diferentes actores territoriales, así como una coordinación de las políticas públicas para aumentar estímulos de conservación forestal y reducir la presión de los bosques y selvas derivadas de otras actividades económicas (ejemplo, las agropecuarias) (CONAFOR 2010). En este contexto, en el estado de Chiapas se elaboraron en 2016, cuatro Programas IRE para los que se eligieron las áreas prioritarias Región Selva, Región Zoque-Mezcalapa, Región Frailesca y Región Istmo-Costa, por su representatividad económica y ambiental. En esta última, se identificó como una de las causas directas de la deforestación a la apertura de nuevas áreas ganaderas con manejo extensivo (CONAFOR et al. 2016).

En 2018 el tema de análisis de la Agenda 2030 fue “La transformación hacia sociedades sostenibles y resilientes”. México presentó su informe voluntario donde destacó el enfoque transversal para la integralidad de las políticas públicas respecto a los tres pilares del desarrollo sostenible, al mismo tiempo que señaló el ambicioso nivel de la Agenda 2030, la cual supera la de los ODS. El país concluyó que las reformas estructurales del Plan Nacional de Desarrollo (2013-2018) y las políticas públicas nacionales en ejecución, muestran un alto grado de alineamiento con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU 2018).

En concreto, nuestro país no cuenta con una evaluación de la contribución de las políticas públicas en la recuperación, restauración o conservación de áreas boscosas o selvas (Cinco-Martínez 2017), aunque existen estudios de cambio en la vegetación de acuerdo a la forma de uso del territorio (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] 2003). Aún en las áreas prioritarias,

los resultados de las intervenciones en campo están documentados a manera de sistematización de experiencias en lugar de un análisis de la efectividad de la implementación en el contexto económico, social o ambiental. Salvo en la experiencia del programa IRE de Jalisco que concretó convenios interinstitucionales para la implementación de las líneas de acción del documento, los estudios realizados en los otros estados no lograron trascender a nivel político (Cinco-Martínez 2017).

Del paisaje natural al paisaje rural

El paisaje en su concepción general se gestó con la definición de “unidad territorial homogénea que se repite de manera típica en el interior de una misma zona geográfica” (Berg 1913). A través del tiempo, esta definición ha evolucionado con aportes de diferentes corrientes científicas que sumaron esfuerzos para comprender la realidad desde un enfoque de sistema complejo. No es hasta los 90's que el ámbito geográfico aportó tres conceptos espacio-temporales (Geosistema, Territorio y Paisaje)² como una alternativa para comprender las interacciones del medio geográfico con la globalidad (Frolova 2006).

Un reto en el análisis de paisajes surgió al concentrar el estudio en la complejidad de las zonas rurales. En estas zonas se desarrollan dinámicas multidimensionales que requieren un enfoque multidisciplinario para comprender las dinámicas territoriales, entendiéndose este concepto como el proceso evolutivo de la estructura y organización territorial influenciada por actores locales, los recursos propios del territorio y la multidimensionalidad socioeconómica e institucional albergada en dicho territorio y las interacciones entre sus habitantes (Sánchez-Zamora et al. 2016).

2 Díaz y Fonseca (2011) definen estos conceptos con base en G. Bertrand & C. Bertrand (2006, pág. 356) y G. Bertrand & Frolova (2006) de la siguiente manera: Geosistema, desde el ámbito naturalista trata el medio ambiente como fuente y permite analizar la estructura y el funcionamiento biofísico de un espacio geográfico tomando en consideración el efecto antrópico; Territorio, es el espacio geográfico tratado como recurso que es objeto de procesos de cambio de lo natural hacia un espacio antropizado; Paisaje, entendiéndolo como un reflejo socio-cultural en el sistema ambiental, que es valorado desde la percepción del individuo-colectivo.

El paisaje rural como marco de análisis se encuentra en construcción, por lo que aún no hay claridad en la identificación de los componentes que integran este sistema ni de cómo evaluarlos (Toledo y Moguel 1992; Toledo y González 2007; Bonilla-Moheno et al. 2012). Otro desafío es su definición, la cual no tiene un consenso mundial. Una definición de paisaje rural se entendería como el proceso de apropiación o humanización del paisaje natural, que ha sido construido a través del tiempo y el espacio, condicionado a la configuración de los componentes biológicos y físicos del paisaje natural (ecosistemas) que son dependientes de las relaciones entre lo social, económico, el ambiente y la influencia política (Toledo y Moguel 1992; Toledo y González 2007).

Transformaciones del paisaje: el enfoque de cambio de uso y cobertura de suelo

El suelo se clasifica comúnmente por sus usos, por ejemplo, se estima que 10 % a 15 % de la superficie terrestre es ocupada por agricultura o áreas urbano-industriales y otro 6-8 % por pasturas (Vitousek et al. 2009). Alrededor del 30 % son tierras forestales (FAO 2018), mientras que el resto está en calidad de transformación o degradación (Vitousek et al. 2009).

La fragmentación del territorio como reflejo de la interacción de la sociedad, es un proceso que se lleva a cabo a escala de paisaje y divide hábitats específicos en mayor número de espacios de menor tamaño, aislados y regularmente rodeados por agropaisajes. Esta fragmentación implica la pérdida de hábitat natural y aislamiento progresivo de la matriz natural (Mcgarigal y Cushman 2002), al mismo tiempo que afecta la conectividad del paisaje³. Esta última determinante del flujo genético de especies, dispersión de semillas, mantenimiento de biodiversidad y servicios ecosistémicos (McRae et al. 2008).

La aparente inevitabilidad de la pérdida de bosques y degradación ambiental ha captado la atención de muchos estudios que proponen la existencia de una

3 Utilizado para describir cómo los arreglos espaciales y calidad de los elementos en el paisaje afectan el desplazamiento de organismos entre fragmentos de hábitats (Bennet 1998).

transición forestal positiva donde la deforestación incrementa a través del tiempo llegando a un punto en el que se detiene para dar paso a la recuperación de la cobertura forestal (Barton-Bray y Klepeis 2005). Este proceso depende de la interacción de un conjunto de impulsores: demográficos, sociales, ecológicos, económicos y políticos (Toledo y Moguel 1992; Toledo y González 2007). La transición puede darse de forma **pasiva**, en el caso que los campesinos recurran a emplearse en actividades económicas fuera de trabajar como campesinos y a la migración; o **activa**, donde los dueños de la tierra, programas o políticas públicas incentivan la recuperación forestal a través de estrategias de cambio de uso de suelo o prácticas que fomentan la cobertura forestal del actual uso del suelo. Aunque estas transiciones no necesariamente implican una recuperación a corto plazo ni la restauración de los valores biológicos que había en la cobertura nativa del suelo (Vaca et al. 2012).

La transformación del paisaje analizada desde el enfoque de uso del suelo⁴ y el cambio de uso de suelo⁵ se centra en explicar la relación entre las actividades humanas y la transformación del paisaje a través del proceso de apropiación humana y su relación con el cambio ambiental global. Esta se basa en tres criterios: 1) dinámica de uso de la tierra, pretende entender el proceso de cambio en el uso del suelo y conocer las decisiones referidas a éste; 2) dinámica de la cobertura del suelo, trata de entender el proceso de cambio en la cobertura del suelo y explicar la tasa de cambio, ubicación, atributos espaciales y ambientales; y 3) la modelación regional y global, intenta analizar y predecir los cambios en el uso del suelo y el cambio de cobertura del suelo, así como enfatizar cuáles son las fuerzas impulsoras de cambio (Montero-Mora y Viales- Hurtado 2015).

Por su parte, los paisajes se definen en tres tipos: los fabricados (paisajes desarrollados con altos requerimientos de energía y combustibles fósiles principalmente), los domesticados (la fuente principal de energía es el sol y son

4 “Manera en que la sociedad utiliza el suelo para desarrollar actividades económicas” (Montero-Mora y Viales- Hurtado 2015).

5 “Transformación de la apariencia física de un paisaje determinado” (Montero-Mora y Viales- Hurtado 2015).

modificados por la intervención humana, pero en menor grado de desarrollo comparado con los fabricados) y los naturales (ambientes autosostenibles con influencia humana pero controlado por procesos biofísicos). Los paisajes domesticados son predominantes en las zonas rurales, y se asume que la mayor parte de las modificaciones son impulsadas por fuerzas ambientales, sociales, económicas, políticas e institucionales en diversas escalas que influyen directamente en la toma de decisiones de los poseedores de la tierra quienes son los que finalmente transforman el paisaje (Montero-Mara y Viales-Hurtado 2015).

Existe discusión en torno a quién o quiénes son responsables de los cambios en el uso o cobertura del suelo. Estos debates no tienen una respuesta única debido a que dependen del contexto en el que se desarrollen. Sin embargo, existen cuatro aspectos que influyen de manera directa en este fenómeno: 1) las políticas públicas que definen normas o legislaciones en el uso del territorio; 2) la firmeza jurídica con la que se respalden dichas normas, así como el cumplimiento en las sanciones que se ameriten; 3) la decisión del poseedor de la tierra y 4) el contexto socioeconómico local (FAO 2001).

La estimación de la velocidad del cambio en el territorio debe considerar: 1) el valor que la sociedad da a su territorio (el peso emocional, cultural, económico, percepción ambiental) y la influencia que los actores técnicos ejercen durante el acompañamiento de proyectos y programas; 2) identificar los factores determinantes para la toma de decisiones de los poseedores de la tierra; y 3) el análisis de las estrategias de acción disponibles en la cartera institucional y en el ámbito del productor, factibles para minimizar los impactos negativos del cambio de uso de suelo (Lambin y Helmut 2006).

Los paisajes ganaderos y su dinámica de cambio

De acuerdo al enfoque de cambio en el uso y cobertura del suelo, en general, el territorio ganadero es considerado un paisaje domesticado, predominantemente con manejo extensivo (Montero-Mara y Viales-Hurtado 2015; Vargas-de la Mora

2018). La actividad ganadera se percibe como un impulsor de deforestación y degradación ambiental (Skutsch y Turnhout 2020) que transforma, principalmente, bosques o selvas hacia uso pecuario (Steinfeld et al. 2006) impactando directamente en la flora y fauna silvestre (Pohjanmies et al. 2017), y mermando la integridad ecológica del sistema (García-Flores et al. 2019).

La controversial situación de la actividad ganadera ha impulsado la búsqueda de alternativas para subsanar el grado de los impactos socio-ecológicos del sistema (Battaglini et al. 2014). Se han desarrollado entonces, los sistemas silvopastoriles (SSP) y agrosilvopastoriles (Kebebe 2017; Naah 2018), que sugieren un rendimiento en la productividad de hasta 12 veces más carne que el pastoreo extensivo y 4.5 veces más que el sistema de pastoreo sin árboles; al mismo tiempo, el aporte de metano es menor en esa misma comparación. En cuanto a superficie, en pastoreo extensivo se emplean 150,000 hectáreas para producir 10,000 toneladas de carne, en tanto que el SSP requiere poco más de 12,000 hectáreas para producir la misma cantidad de carne (Murgueitio et al. 2014).

Los sistemas ganaderos estructurados con componentes arbóreos, herbáceas, pastos y animales (silvopastoriles y agrosilvopastoriles) no solo aportan beneficios en los rendimientos de la carne y leche, de igual manera promueven la recuperación de servicios ecosistémicos en sistemas de manejo extensivo (generalmente con poca o nula presencia de árboles), propios de un sistema pecuario complejo (orientado hacia sistemas conservados). Además, con un manejo adecuado contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo, evita problemas de compactación de suelo, sobrepastoreo, contaminación de suelo y agua, degradación y erosión. Al mismo tiempo ayudan a recuperar la biodiversidad de flora y fauna e incluso favorecen la generación de microclimas templados (acorde al diseño que se establezca) (Mahecha 2002; Nahed et al. 2009; Murgueitio et al. 2014).

En México se registran por lo menos tres tipos de ganadería en leche: tecnificado, semitecnificado y rústico; en carne: extensivo, semi-intensivo e intensivo (Hernández-Medrano y Corona 2018). La ganadería de manejo extensivo es predominante en producciones de pequeña escala con alto grado de marginación y pobreza en el sur del país (Trujillo 2010). Además, mantiene una competencia entre superficies agrícolas que están siendo transformadas a pasturas o cultivos destinados para alimentación animal (Giraldo et al. 2014). Pese a las implicaciones ambientales, la ganadería bovina de venta en pie representa ingresos anuales de \$ 771,681,005 pesos por 32,816,624.966 volumen de bovinos comercializados. En tanto, la producción lechera registra \$ 770,922,157 pesos por 32,799,011.738 litros de leche vendidos (SIAP 2019).

La actividad ganadera se ha clasificado de acuerdo al manejo que se le da al sistema (Cuadro 1), mismo que implica un mayor o menor impacto ambiental, de inversión económica y de tiempo (Ibrahim et al. 2006; Nahed et al. 2009; Gomis-Covos 2016). Bajo este contexto, en México han surgido diversas iniciativas que promueven una “ganadería sustentable” congruente con la clasificación de manejo silvopastoril, la cual se encuentra en un proceso de construcción.

En Chiapas, uno de los estados con mayor biodiversidad del país, que alberga 44 Áreas Naturales Protegidas (Vargas-de la Mora 2018), la promoción de cambio de prácticas ganaderas extensivas hacia silvopastoriles se ha enfocado en la Región Costa, proceso que duró alrededor de 10 años (2005-2016), amparado en el marco de la iniciativa Alianza México REDD+. En esa región, la ganadería se enmarca entre extensiva y holística (de acuerdo al cuadro 1). Las intervenciones orientadas al manejo silvopastoril han sido dirigidas empíricamente por las instituciones no gubernamentales y trabajadas en un esquema de inversión interinstitucional. Estas experiencias evidencian que aún hay un largo camino por recorrer para identificar, monitorear y evaluar si hay alineación de estos procesos y sus resultados con los compromisos adquiridos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Cuadro 1 Clasificación de la ganadería en México. Elaboración propia con base en (Ibrahim et al. 2006; Nahed et al. 2009; Gomis-Covos 2016).

Extensivo	Agrosilvopastoril tradicional	Holística	Silvopastoril	Orgánica
Libre pastoreo	Pastizales	La naturaleza	Incorporación y	Manejo alimenticio
Extensas áreas de pastos naturales para el pastoreo	extensivos sin árboles	funciona en enteros	retención de árboles en potreros en	Manejo sostenible del pastizal
Poco o nulo manejo animal	Pastoreo integrado en producción agrícola	El ambiente se clasifica en una escala de friabilidad (humedad a través del año y rapidez de descomposición vegetal)	diferentes arreglos (árboles dispersos, cortinas rompe-vientos, cercas vivas, árboles en plantación, árboles en altas densidades para ramoneo o corte)	Fertilización del suelo
	Gradiante arbóreo desde cercos vivos, árboles dispersos, áreas forestales con sotobosque	Los herbívoros tienen un rol en la salud del suelo		Control de malezas en pastos
	Alterna el pastoreo en potreros y parcelas agrícolas	La degradación de los ecosistemas no se debe al número de animales sino al tiempo que permanecen en un sitio	Bancos forrajeros Bancos proteicos Pasturas mejoradas Manejo del hato	Control de plagas y enfermedades de pastos y cultivos Profilaxis y cuidados médicos veterinarios Razas y reproducción Bienestar animal (encierros, lactancia, espacio) Inocuidad Gestión ecológica (asesoría, estímulos, planeación, precio justo) Certificado

Factores impulsores de cambio y toma de decisiones desde un enfoque socio-ecológico

La crisis socio-económica, ambiental y política mundial ha influido en el surgimiento de propuestas dirigidas hacia un modelo de desarrollo que busca un equilibrio entre lo natural y lo humano, así como minimizar el impacto negativo en la estructura, composición y construcción del territorio (Vitousek et al. 2009; Escobar 2014).

Todo paisaje es la representación de factores que influyeron en la toma de decisiones de los poseedores de la tierra, con un manejo del territorio históricamente cambiante para adaptarse a las necesidades crecientes. Estos factores son nombrados también impulsores de cambio, que moldean el territorio a través de la interacción entre escala geográfica, nivel social y de poder, reflejándose en lo que conocemos como paisaje (Harvey 1996; Echevarren 2010).

Para estudiar estos cambios del paisaje, así como comprender el uso y cambio de cobertura del suelo, la ciencia ha implementado la hibridación de enfoques académicos que con frecuencia, promueven juicios sobre los cambios del paisaje, uso y cobertura del suelo. Este enjuiciamiento se relaciona con actores externos a las comunidades que negocian en niveles jerárquicos altos, la toma de decisiones políticas sobre la administración de bienes locales para un beneficio universal, lo que implica a menudo el sacrificio a nivel local del uso y gestión de los recursos (Echavarren 2010; Escobar 2014).

Por su parte, el enfoque socio-ecológico⁶ centraliza su estudio en las relaciones de ambos sistemas teniendo en cuenta que éstas no son lineales, tienen incertidumbre, y pueden darse a diferentes escalas. Este enfoque considera cuatro elementos centrales que describen las interacciones dentro de los sistemas socio-ecológicos: 1) ecosistemas; 2) seres humanos y tecnología; 3) conocimiento local; 4) instituciones, las cuales desde sus pilares de conocimiento hacen interpretaciones de las interacciones y procesos empíricos, individuales o colectivos (Farhad 2012). De esta manera es posible identificar y disgregar los factores que tienen influencia en la dinámica de transformación de un territorio.

6 Para este estudio se toma la definición de Farhad (2012) sobre sistema socio-ecológico: "sistema complejo y adaptativo en el que distintos componentes culturales, políticos, sociales, económicos ecológicos, tecnológicos, etc. están interactuando".

La toma de decisiones es un proceso cognitivo complejo, que invariablemente es afectado a través del tiempo. Este puede ser influenciado por la variabilidad natural, factores económicos, tecnológicos, demográficos, institucionales, culturales o por la globalización (Lambin y Geist 2007) y se acentúan mediante impulsores como la desigualdad social, económica, marginación, migración, el cambio climático y eventos climáticos extremos, políticas públicas, mercado o conflictos (Márquez et al. 2008; Sepúlveda e Ibrahim 2009; Manson 2009; Vitousek et al. 2009; Bonilla-Moheno et al. 2012).

Las decisiones pueden ser individuales o colectivas, no obstante, cuando los poseedores de la tierra toman una decisión sobre su territorio y se relacionan con las actividades agropecuarias extensivas, afecta la integridad y funcionamiento de los ecosistemas naturales o contruidos, que proveen servicios indispensables para las poblaciones biológicas (ciclaje de nutrientes, regulación de agua y carbono, etc.) (Nelson et al. 2006; Arroyo y Mandujano 2007; Sada et al. 2007; Leyequien y Toledo 2009). Además, muchas veces no necesariamente están ajustadas a las condiciones locales (Villanueva et al. 2011) y debido a ello, es común encontrar paisajes altamente degradados (Andrade 2011), no siendo posible garantizar la sostenibilidad del sistema ambiental ni la producción local por largo plazo (Toledo y Moguel 1992).

En el contexto ganadero, la toma de decisiones relacionadas al cambio de prácticas de manejo del sistema productivo está vinculada a una serie de factores como el riesgo económico que representa dicho cambio, los apoyos institucionales (incentivos y acompañamiento institucional) y la falta de políticas públicas orientadas a incentivar la conservación ambiental en sistemas productivos. Aunado a esto, la baja escolaridad y la avanzada edad de los productores son limitantes determinantes para que los ganaderos decidan realizar cambios substanciales en el manejo de su sistema productivo (Zepeda et al. 2016).

Por esta razón, se busca reorientar la toma de decisiones hacia un esquema horizontal donde se construyan procesos consensuados y filtrados a diferentes niveles y escalas territoriales, que al mismo tiempo incorpore el mayor número de participantes clave en las discusiones sobre el manejo del territorio y sus normativas,

asegurando impactos de corto o largo plazo (Brando et al. 2013). Es necesario que se reconozca la capacidad de las comunidades para manejar con pertinencia su territorio y que el desarrollo genere sistemas robustos de gobernanza para la construcción de estrategias en torno al manejo y gestión de recursos naturales (Shiva 2006; Echavarren 2014).

Sistemas de gobernanza

La gobernanza es un concepto polémico y utilizado en diversos marcos multidisciplinarios con la flexibilidad de acotarlo a su enfoque específico, es por ello que se define de manera generalista como: modelos o prácticas coordinadas de manera colectiva que propone intereses, distribución de recursos enfocado en la búsqueda de objetivos legítimos y aceptados (Glückler et al. 2019).

El enfoque con el que la gobernanza se concibe en las diversas realidades mundiales ha dado pie a catalogar los tipos de gobernanza, entre ellos la postulada por Hardin en 1968 conocida como “gobernanza de los comunes”, que habla centralmente de **gobernanza de recursos de fondo común** donde resalta que las personas persiguen beneficios individuales comprometiendo el mantenimiento de los recursos comunes (Ostrom et al. 2010). Adger et al. (2013) proponen una alternativa que denominan **gobernanza para la sustentabilidad**, donde enfatizan que las decisiones deben ser tomadas por individuos, sociedad civil y el estado.

Otro ejemplo es la **gobernanza multinivel** donde Armitage (2008) menciona que la interacción horizontal de los actores facilita el aprendizaje y adaptación de los sistemas socio-ecológicos apoyando la construcción de capacidades y adaptaciones al cambio y manejo de la resiliencia. Por su parte Ostrom (2010) propone la **gobernanza policéntrica**, la cual argumenta que es un diseño donde la toma de decisiones se realiza en pequeñas células que comparten un territorio específico con problemáticas específicas y que estas células juntas conforman un territorio mayor.

Finalmente, la FAO (2019) presenta la **gobernanza responsable**, la cual se refiere a implementar procesos que fomenten la transición de la producción agropecuaria hacia alternativas de manejo sustentable donde se priorice la transparencia, inclusión y alianzas en estos procesos.

En consideración al marco anterior y en el entendido que la gobernanza es un sistema que se construye como una derivación de las interrelaciones en el territorio, en esta investigación doctoral se propone el análisis del sistema ganadero silvopastoril bajo la perspectiva de **gobernanza con base en las diferencias**, que se desarrolla con un enfoque de respeto hacia las diferencias identitarias, territoriales y ecosistémicas para la toma de decisiones (que pueden ser multiactor y multinivel), donde se gestionan los recursos en congruencia con la sustentabilidad y resiliencia del sistema socio-ecológico, equidad y legitimidad (Vargas-de la Mora 2020).

Antecedentes de sistemas silvopastoriles en la Costa de Chiapas

La región Costa está compuesta por los municipios de Arriaga, Tonalá, Pijijiapan y Mapastepec, en esta zona se produce el 78 % de la ganadería bovina del estado. En el 2016 se comercializaron 24 813 toneladas de ganado en pie y canal, así como 68 millones de litros de leche (SIAP 2017).

Esta región se caracteriza por ser históricamente de manejo extensivo y orientada a la engorda de ganado (Molina-Pérez 2016). Actualmente la orientación ganadera también integra sistemas de producción de leche y doble propósito (Vargas-de la Mora 2018; Rodríguez et al. 2020). La comercialización se realiza principalmente a pie de parcela o a través de intermediarios locales, de manera general es una actividad con bajos rendimientos productivos (Rodríguez et al. 2020).

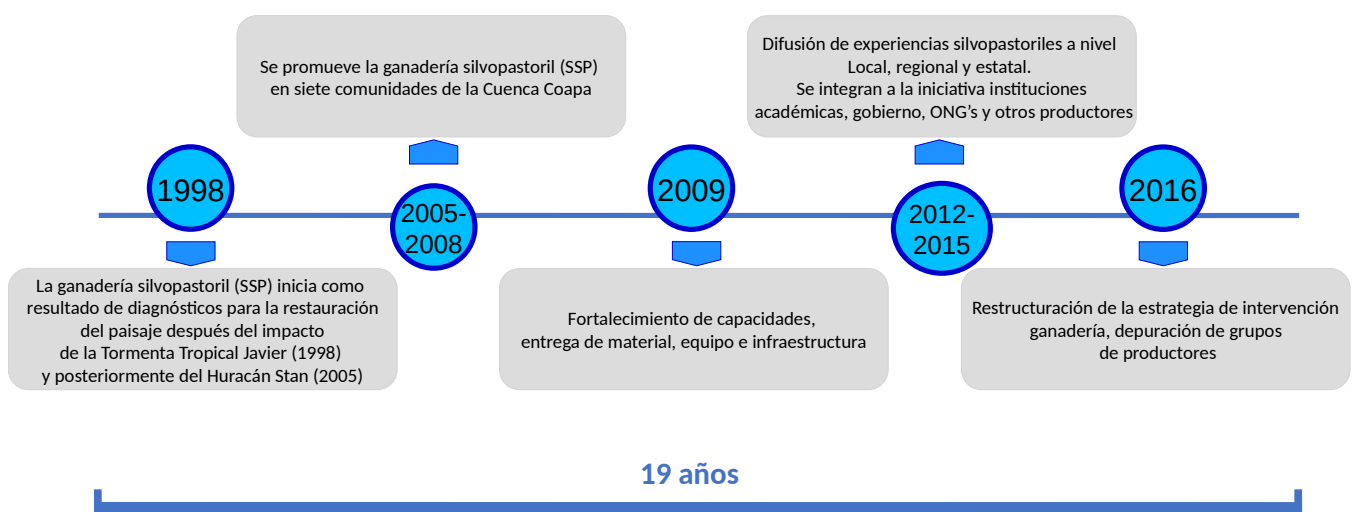
Este territorio recibe el impacto frecuente de eventos meteorológicos extremos, incremento en la temperatura, períodos de sequía prolongados (Barrasa 2017; IPCC 2019), ocurrencia de 10 a 25 huracanes anuales, deslaves, erosión e inundaciones (Galván y Márquez 2006).

Se ha documentado que la tormenta Tropical Javier, el huracán Mitch (ambos acontecidos en 1998), y el huracán Stan (2005) causaron erosión, deslaves, inundaciones, considerables pérdidas humanas e infraestructura, así como impactos en los sistemas productivos, y se atribuye que la actividad ganadera pone en riesgo el territorio. Derivado de estos sucesos, en la Cuenca Coapa, municipio de Pijijiapan,

durante 2005 a 2016, se emprendió el proyecto piloto de cambio de prácticas ganaderas extensivas hacia silvopastoriles, con financiamiento de instituciones como Corredor Biológico Mesoamericano (CBM), Fondo de Participación Social Chiapas (FOPASCH), The Nature Conservancy (TNC) y Fondo de Conservación El Triunfo A. C. (FONCET), con implementación por parte de la organización no gubernamental Pronatura Sur (Pronatura Sur 2016).

Durante aproximadamente 10 años a través del proyecto silvopastoril se desarrollaron actividades de capacitación a productores y técnicos del proyecto enfatizando la restauración forestal en potreros y manejo racional de recursos naturales; intercambios de experiencias, talleres, producción de pastos de corte, prácticas de conservación de pastura (técnicas de ensilaje), bancos forrajeros, bancos de proteínas compuestos por *Leucaena leucocephala*, mejoramiento en infraestructura para el manejo del ganado (cerco eléctrico) así como entrega de maquinaria y equipo de apoyo para las labores productivas como picadoras de pasto, bebederos, tanques para elaborar fertilizantes líquidos, sistemas de riego y aspersión (Pronatura Sur 2016), en la figura 1 se describe de manera general el proceso del proyecto.

Figura 1. Proceso histórico de la ganadería silvoparil en la Costa de Chiapas



Elaboración propia con base en información de Pronatura Sur

2. Justificación

El actual modelo agropecuario extensivo que se replica a nivel mundial, no está preparado para el desafío que implica el cambio climático, incertidumbre económica y social (Nicholls y Altieri 2011). El impacto del cambio climático se enfatiza en la pérdida de rendimiento en la producción (Gbetibouo et al. 2010).

En la Región Costa de Chiapas se espera un aumento de 0.01-0.03 °C/año en la temperatura mínima y máxima de la región, así como una disminución promedio en los escurrimientos hídricos de 1153.7 m³/año (Escalante-Sandoval y Amores-Rovelo 2014). Este escenario se une a un contexto de alta degradación ambiental (Gómez et al. 2019), deforestación y cambio de uso de suelo principalmente hacia pasturas o explotaciones ganaderas (Jiménez-Ferrer et al. 2015), lo que vaticina serios problemas en la región afectando principalmente los sistemas agrícolas y pecuarios (Escalante-Sandoval y Amores-Rovelo 2014).

De acuerdo a Guevara-Hernández et al. (2011) los problemas de la ganadería en la región se derivan principalmente de la falta de conocimiento de los productores en el manejo del potrero y el hato, a que no cuentan con asesoría técnica, y finalmente a que los pastos mantienen bajos rendimientos debido a la alta compactación de suelo, deslaves y deforestación. Aunado a esto, el incremento de temperatura y períodos de sequía prolongados ponen en riesgo los sistemas productivos (Barrasa 2017; IPCC 2019).

Los sistemas silvopastoriles fomentados en el estado se consideran una alternativa viable para la adaptación y mitigación del cambio climático y se piensa en el escalamiento de estos modelos (Apan-Salcedo 2019). Sin embargo, no hay evidencia clara de los aportes ambientales o sociales de los sistemas silvopastoriles en la Costa de Chiapas que establezcan indicadores concretos de cambio en el territorio e identifiquen los factores impulsores de éste (Vargas-de la Mora 2018; Apan-Salcedo 2019).

En el entendido que se pretende realizar el escalamiento de estos emprendimientos como medida de adaptación y resiliencia del sistema ganadero, es imperante identificar los impactos de los sistemas silvopastoriles de la región con el fin de

establecer un punto de partida para el escalamiento de estos procesos en virtud de mejorar la estructura y funcionamiento del paisaje regional sin comprometer el rendimiento productivo.

Para tener indicios de cómo re-direccionar la ganadería hacia un manejo sostenible, en esta tesis se propuso analizar el proceso desarrollado por el proyecto de ganadería silvopastoril de la Cuenca Coapa, con el fin de comprender, desde un enfoque socioecológico, las transformaciones del paisaje ganadero. Se propone una metodología mixta a través del análisis de los factores que influyen en la toma de decisiones de los productores, los cambios en la configuración del paisaje, así como los usos de las especies arbóreas/arbustivas y la contribución socioecológica de las técnicas agroforestales como estrategia de adaptación al cambio climático.

3. Preguntas de Investigación

¿Quién o quiénes gestionan la transición del manejo extensivo hacia uno silvopastoril en la Costa de Chiapas y qué factores influyen en esta transición?

¿Cuál es la estructura espacial de los potreros, qué especies arbóreas/arbustivas se integran en los diseños de los predios y cuál es su contribución socio-ambiental?

¿Qué cambios se presentan en la estructura territorial de un sistema ganadero con manejo extensivo que transita hacia un manejo uno orientado a la sustentabilidad durante el periodo 2005-2016?

¿Qué factores influyen en la adopción de tecnologías silvopastoriles y cuáles fueron las limitaciones y oportunidades que presentaron?

4. Objetivo General

Analizar desde un enfoque socio-ecológico, el proceso de transición de ganadería extensiva hacia un manejo sustentable y los cambios estructurales de los predios ganaderos de participantes en el proyecto silvopastoril durante el periodo 2005-2016 en la costa de Chiapas.

Objetivos específicos

- 1 Identificar los actores involucrados en el proyecto silvopastoril de la costa de Chiapas y factores que influyen en la transformación del paisaje ganadero extensivo hacia uno de manejo sustentable.
- 2 Caracterizar la estructura espacial de los predios ganaderos y conocer la composición arbórea/arbustiva para determinar la contribución socio-ambiental en los sistemas ganaderos.
- 3 Contrastar los cambios en la estructura territorial de predios ganaderos de manejo extensivo que participaron en un proceso de transición hacia manejo silvopastoril durante el período 2005-2016
- 4 Identificar los factores que influyen en la adopción de tecnologías silvopastoriles así como las limitaciones y oportunidades.

5. Hipótesis

Los potreros de los productores participantes en el proyecto silvopastoril en la Costa de Chiapas no tuvieron cambios estructurales durante el periodo 2005-2016, ni mayores aportes socio-ambientales de los diseños espaciales en sus territorios (comparado con potreros de productores no participantes en el proyecto) debido a limitaciones del acompañamiento técnico y a factores que influyeron a los productores para no adoptar las tecnologías incentivadas por el proyecto.

6. Estructura de la tesis

La estructuración de este documento se presenta por capítulos los cuales se describen de la siguiente manera:

Capítulo 1. Presenta una breve narrativa sobre el marco político de la iniciativa de ganadería silvopastoril, explica el marco teórico que se tomó como base para la investigación, esboza el contexto general de la ganadería en la Costa de Chiapas y el proyecto silvopastoril que se desarrolló en la región.

Capítulo 2. Analiza cómo las tecnologías agroforestales (TAF) se integran en los sistemas de ganadería silvopastoril, cuáles son las limitantes que presentan en el entorno local para ser adoptados por los productores, así como la contribución de las TAF como estrategia de adaptación al cambio climático.

Capítulo 3. Es un análisis sobre los arreglos espaciales de los potreros, cuáles son sus componentes y qué especies arbóreas/arbustivas las integran. En ese contexto, se identifican y estiman los servicios ecosistémicos que aportan las especies arbóreas para determinar los servicios ecosistémicos de los potreros de acuerdo a su diseño espacial.

Capítulo 4. Presenta un análisis sobre los factores que influyen en la adopción de tecnologías promovidas por el proyecto silvopastoril desarrollado en la costa de Chiapas durante el período 2005-2016. Asociando la información socio-económica con el contexto físico a través de análisis de información geográfica.

Capítulo 5. Concluye de manera general los principales resultados presentados en la tesis.

Capítulo 2. Tecnologías agroforestales en ganadería: estrategia de adaptación al cambio climático en territorios costeros

Este capítulo ha sido aceptado como parte del libro “Tecnologías agroforestales para la adaptación y mitigación al cambio climático – opciones y perspectivas” el cual se presenta como una publicación científica arbitrada de la Editorial de la Universidad de Colima. Editores: Dr. José Manuel Palma García, M.C. José Antonio Torres Rivera y Dr. Eduardo Valdés Velarde

Autores:

Alma Liz Vargas de la Mora¹, Vera Camacho Valdéz², Timothy O. Randhir³, María del Carmen Hernández Moreno⁴, Manuel Jesús Cach Pérez²

¹ El Colegio de la Frontera Sur

² Conacyt-El Colegio de la Frontera Sur

³ Department of Environmental Conservation, University of Massachusetts

⁴Departamento de Estudios Sociales del Sistema Alimentario, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

Manuscrito recibido: 30 de noviembre 2020

Manuscrito corregido: 15 de febrero 2021

Manuscrito aceptado: 22 de Marzo 2021

Tecnologías agroforestales en ganadería: estrategia de adaptación al cambio climático en territorios costeros

Alma Liz Vargas de la Mora¹

Vera Camacho Valdéz²

Timothy O. Randhir³

María del Carmen Hernández Moreno⁴

Manuel Jesús Cach Pérez²

¹El Colegio de la Frontera Sur

²Conacyt-El Colegio de la Frontera Sur

³Department of Environmental Conservation, University of Massachusetts

⁴Departamento de Estudios Sociales del Sistema Alimentario, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

Autor de correspondencia: alvargas@ecosur.edu.mx

Introducción

El reporte más reciente del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (2019) estima que 37 % de la superficie del planeta es dedicado a pasturas, derivado principalmente por el cambio de uso de suelo de áreas de bosque o selva; 19 % de esta superficie son pasturas extensivas (IPCC, 2019) lo que implica importantes efectos ambientales como degradación, erosión, contaminación de suelo y agua, además de deforestación (CEPAL, 2013; Malý *et al.*, 2017) que impacta en la flora y fauna local tanto como en la funcionalidad de los servicios ecosistémicos (Pohjanmies *et al.*, 2017), así como en el aporte de gases de efecto invernadero, 6.2 ± 1.4 GTCO₂eq/año (IPCC, 2019).

El establecimiento de pasturas en territorios costeros agudiza los impactos del cambio climático (CC), los que se perciben en aumento de la frecuencia e intensidad de eventos extremos, incremento de temperatura y períodos de sequía más prolongados (Barrasa, 2017; IPCC, 2019).

La búsqueda de estrategias de adaptación al CC orientadas a ganadería, sugiere que los sistemas silvopastoriles (SSP) y agrosilvopastoriles (ASP) son alternativas viables que promueven la restauración ambiental, principalmente por la incorporación de árboles dentro del sistema (Battaglini *et al.*, 2014); lo que contribuye a disminuir la temperatura local, diversificar el sistema productivo, mejorar las condiciones de fertilidad y protección del suelo, incrementa la captura de carbono y la recuperación de flora y fauna silvestre (CONANP *et al.*, 2011).

Priorizar la restauración de áreas productivas no cambia el paradigma de intervención institucional en campo, donde se mantienen estructuras que condicionan a los productores a través de incentivos (Grunwald, 2018; Bopp *et al.*, 2019), devalúa el conocimiento tradicional y pretenden estandarizar modelos productivos muchas veces inadecuados para el contexto local (Shiva, 2006). Como resultado de esto y otros factores socio-económicos de los productores (FAO, 2018), la adopción de tecnologías SP y ASP es baja, lo que representa un desafío para la transición de manejo ganadero extensivo hacia uno de mayor sustentabilidad (Kebebe, 2017; García-Barrios y González-Espinosa, 2017; Naah, 2018).

El marco anterior se ejemplifica en la Costa de Chiapas, México. Esta región produce el 78 % de la ganadería bovina estatal (SIAP, 2017), el territorio productivo se enmarca entre dos Áreas Naturales Protegidas (ANP) afectadas por el manejo extensivo

y de baja inversión económica que tiene el sistema ganadero (Vaca *et al.*, 2012; Vargas-de la Mora, 2018). Aunado a esto, anualmente recibe de 10-25 huracanes, así como lluvias torrenciales acumuladas en un período de seis meses; provocando severos deslaves, erosión e inundaciones (Galván y Márquez, 2006).

En 1998 y 2005 los efectos de estos eventos extremos provocaron daños en infraestructura, pérdidas humanas y agropecuarias valuados en \$ 140 150 000 de dólares estadounidenses (equivalencia 1 dólar = 20 pesos mexicanos), afectando alrededor de 500 000 ha de producción primaria, entre ambos períodos (Escalante, 2006). En respuesta, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), organizaciones no gubernamentales y académicas impulsaron el proyecto de restauración ambiental en sistemas ganaderos conocido como “proyecto silvopastoril” (pSSP), con el objetivo de liberar zonas de pastoreo y aumentar la cobertura forestal a través de cambio de prácticas de manejo extensivo por unas de mayor sustentabilidad (García-Barrios y González-Espinosa 2017; Vargas-de la Mora 2018).

El objetivo de este capítulo es brindar una perspectiva crítica sobre la adopción de las tecnologías SP y ASP promovidas en la Cuenca Coapa (Costa de Chiapas), así como evidenciar su contribución para la adaptación al cambio climático en los predios ganaderos.

Proceso histórico de ganaderización en la Costa de Chiapas

Durante el Porfiriato (1884-1911), la zona costera de Chiapas (entonces compuesta por la franja municipal colindante desde el estado de Oaxaca hasta la frontera con Guatemala), fue receptor de grandes inversiones extranjeras que impulsaron el desarrollo de infraestructura carretera, de comunicación, ferroviaria y portuaria (Fletes-Ocón, 2009) con el objetivo de fomentar el comercio masivo de caña de azúcar, ganado, carbón, madera y pescado; fue un periodo de bonanza económica, problemas de organización territorial y migración (Molina-Pérez, 2016).

Durante los años treinta del siglo XX la distribución de terrenos a trabajadores liberados de las haciendas promovió la formación de nuevos poblados (Rodríguez *et al.*, 2020). A partir de ese momento y hasta los años setenta, la ganadería extensiva creció exponencialmente convirtiéndose en un pilar económico regional ocupando el 68.9 % de la superficie del territorio, además, la ganadería de la zona había ganado renombre y llegó a comercializar 35 000 cabezas de ganado de engorda al año (Molina-Pérez, 2016). Entre los años setentas y ochentas, la privatización del ferrocarril e infraestructura agropecuaria, así como el cambio de políticas de subsidio al campo y la concentración de incentivos productivos en otros municipios, marginaron los sistemas productivos de la región (Fletes-Ocón, 2009).

En los ochentas, las políticas promovían la revolución verde fomentando en la población rural la percepción que los terrenos arbolados eran terrenos ociosos (Marinidou *et al.*, 2019) -refiriéndose a ellos con la frase: “*parece un terreno de viuda*”-. En algunos casos, suscitándose invasiones en terrenos que los productores dejaban como reserva de árboles, por lo que se deforestaba la mayor parte de los predios ganaderos.

Caracterización de la Cuenca Coapa

La Cuenca Coapa se ubica en el municipio de Pijijiapan, pertenece a la región costa de Chiapas. Donde la temperatura oscila entre 21.7 a 33.8 °C, con una precipitación promedio mensual de 198 mm. Su topografía divide una planicie que oscila de 0 a 200 msnm, mientras que la zona noroeste cuenta con elevaciones de 380 a 2 500 msnm (Carabias *et al.*, 1999; Climate-data.org, 2020). La superficie municipal es

predominantemente ganadera, en 2016 se comercializaron 24 813 toneladas de ganado en pie y canal, así como 68 millones de litros de leche (SIAP, 2017). Los productores de la cuenca comercializan en su parcela con intermediarios locales (Rodríguez *et al.*, 2020) y de la cabecera municipal; esto beneficia al productor puesto que no invierten recursos económicos para traslado de los animales.

El enfoque de la ganadería es el de doble propósito (mantiene actividades de ordeña y venta de animales en pie no mayores a 300 kilos) y es de manejo extensivo (Vargas-de la Mora, 2018); mientras que, la engorda de ganado se refiere a la compra de becerros que se mantienen durante 1.5 años en promedio, para venderlos con un peso de 350-400 kg. Para algunos productores la venta de ganado es una fuente de ingresos emergente y no necesariamente se realiza venta anual. También es posible encontrar productores que no tienen ganado, pero rentan sus parcelas de pastura a otros ganaderos.

El río Coapa es considerado uno de los más importantes del municipio debido a su conectividad entre la Sierra Madre de Chiapas y los sistemas lagunares costeros que albergan la reserva más importante de manglares en la región (Gómez *et al.*, 2019). Alrededor de 32 869 ha de la cuenca se catalogan como áreas de alta prioridad para restauración (López *et al.*, 2014). Sin embargo, de acuerdo a los recursos naturales con los que se cuenta, el desarrollo económico, capacidades humanas, tecnológicas y de infraestructura se categoriza la capacidad de adaptación al cambio climático en un nivel medio con respecto a los sectores agropecuario y forestal (Inurreta *et al.*, 2014).

La planicie de la Cuenca Coapa está compuesta por selva alta (19.77 %), en la zona costera manglar (14.29 %) y tular (0.01 %); En la serranía, la vegetación primaria es bosque mesófilo de montaña (4.15 %), en ambas zonas se distribuyen el uso de suelo agrícola (0.31 %) y pasturas (59.09 %), siendo este último el principal uso de suelo de la cuenca (INEGI, 2016).

A partir de la instrumentación del plan hidráulico de la costa de Chiapas (1975-1988) se realizaron obras de rectificación de ríos, eliminación de meandros, establecimiento de muros de concretos o roca y desecación de pantanos para ampliación de zonas agropecuarias; como consecuencia, hubo una disminución de cauces en los ríos que alimentaban las zonas de esteros y complejos lagunares que albergan peces y mariscos en etapas juveniles, lo que afecta a la pesquería local (Gómez *et al.*, 2019). Al mismo tiempo, se introdujeron pastos resistentes a inundación y salinidad para alimentar al ganado, así como tilapias adaptadas a condiciones de esteros, situación que fomentó la introducción de la ganadería y pesca a zonas de manglares y lagunas costeras (Gómez *et al.*, 2019).

Los ganaderos de la cuenca reconocen que las rectificaciones de los ríos son perjudiciales también para ellos, pues los potreros de zonas bajas en la cuenca suelen inundarse anualmente a partir de estas obras [V. Trinidad, comunicación personal, 7 de junio de 2018]. Un recordatorio permanente sobre la fragilidad de su entorno son sus memorias sobre tres eventos: el huracán Mitch, la tormenta tropical Javier (ambos en 1998) y el huracán Stan (2005), los cuales fueron causantes de la pérdida de ganado, erosión y deslaves en potreros de ladera, desbordamiento de los ríos que azolvieron los terrenos bajos y acabaron con la vida de parientes y conocidos, así como de sus hogares.

El proyecto silvopastoril originado a raíz de estos sucesos, se orientó al fomento de prácticas de intensificación de producción de alimento para el ganado (bancos forrajeros, bancos de proteínas, ensilaje), rotación de potreros, uso de cercos eléctricos, sistemas de riego para pasturas así como sensibilización a productores mediante talleres en temas de conservación de cobertura forestal en potreros, cercas vivas, pastoreo en árboles frutales y forestales (García-Barrios y González-Espinosa, 2017; Vargas-de la

Mora, 2018). El proyecto tuvo una inversión estimada en \$ 653 688 dólares en el periodo 2005-2016.

Arreglos agroforestales en sistemas silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles en la costa de Chiapas se componen de una mezcla de prácticas orientadas al manejo del hato, intensificación de producción de alimentos para el ganado y arreglos espaciales que incorporan árboles en diferentes diseños. Los arreglos agroforestales que se encuentran con mayor frecuencia son los cercos vivos (Marinidou *et al.*, 2019), pastoreo bajo árboles en bosque natural o remanentes de vegetación arbórea y bancos forrajeros (Cortez-Egremy *et al.*, 2016; Pezo *et al.*, 2019); es menos frecuente encontrar árboles dispersos en potreros, además, suelen tener alta variabilidad en el número de árboles que se incorporan en el predio (Ángel *et al.*, 2017).

La incorporación de árboles y arbustos en los potreros tiene el objetivo de mejorar las condiciones de microclima y suelo, evitar erosión, pérdida de biodiversidad de flora y fauna, tener abasto de materias primas, frutos y semillas de uso humano y animal, así mismo contribuir como sumideros de carbono (López-Vigoa *et al.*, 2017). No obstante, el aporte real de estos componentes está vinculado a las especies introducidas, la densidad de individuos y la complejidad estructural de los diseños (Haggar *et al.*, 2015).

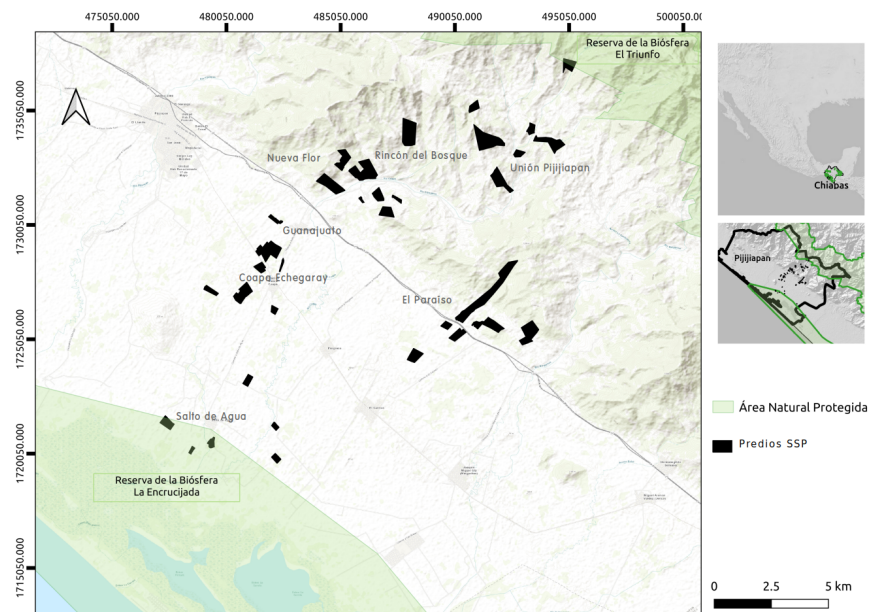
Consideraciones metodológicas para el análisis ganadero de la Cuenca Coapa

La investigación se realizó en 2018 y 2019. Se utilizó una metodología cualitativa-cuantitativa. Se seleccionaron productores de siete comunidades dentro de la Cuenca Coapa (figura 1). La primera etapa consistió en entrevistar a 43 productores que participaron en el pSSP (890.26 ha totales), con una entrevista semiestructurada y una abierta, a fin de indagar a profundidad los factores que limitaron la adopción de tecnologías agroforestales promovidas por el proyecto.

Se realizaron recorridos de campo para georreferenciar los predios y los componentes al interior de éste. Actualizando información de Pronatura Sur A.C. y la información generada por Vargas-de la Mora (2017) como base del proyecto. Con el objetivo de identificar los arreglos espaciales en los potreros, se utilizaron imágenes satelitales del repositorio Google earth 2016. Se digitalizaron los componentes de cada predio en ambos períodos a escala 1:3 000 en el sistema cartográfico proyectado Universal Transversal de Mercator (UTM) y Datum WGS84 15N. La categorización de componentes se basó en los fomentados en el pSSP (pasto de corte, bancos forrajeros, bancos de proteínas), se complementó con los identificados por Pezo *et al.* (2019) (árboles dispersos en potreros, árboles reserva en potrero, pastoreo bajo árboles, árboles ribereños, cercas vivas interiores y perimetrales), y con lo observado en campo (zona agrícola, zona de libre pastoreo a cielo abierto, pasto mejorado de porte alto para libre pastoreo, plantación de árboles, cuerpos de agua [Jagüey, río, lagunas]) y otros -uso no ganadero-.

Figura 1

Ubicación de las comunidades de estudio



Fuente: elaboración propia

Caracterización de productores

Se considera que existen tres elementos clave que determinan el grado de impacto ambiental de la actividad ganadera: el tipo de manejo de la ganadería, el fin productivo y el tipo de productor (Mouri y Aisaki, 2015; Xu *et al.*, 2018); tomando esto en cuenta, se identificaron tipos de productores (cuadro 1) bajo el criterio de clasificación de Cuenca Alta (CA) y Cuenca Baja (CB). Las variables utilizadas fueron: sociales (género, edad, grado de estudios, número de miembros de la familia) y productivas (objetivo de la ganadería, tipo de acceso al predio, número de animales, litros de leche producida por día, venta anual de animales, hectáreas del predio y superficie dedicada a la ganadería).

Cuadro 1

Características generales de los productores participantes en la investigación por tipo y ubicación en la cuenca (2020)

Distribución en la Cuenca/Número de productores	Cuenca Alta /26				Cuenca Baja / 17			
Tipología/ porcentaje de productores	1/74.1 %	2/7.4 %	3/3.7 %	4/14.8 %	1/68 %	2/4.5 %	3/13.6 %	4/13.6 %
Edad promedio (años)	55	64	42	42	52	35	50	44
Nivel máximo estudios	Secundaria	Primaria	Primaria	Universidad	Universidad	Maestría	Preparatoria	Universidad
Objetivo de ganadería	Leche y cría	Leche/ leche y cría	Leche/cría/ engorda	Leche/ Leche y cría	Leche y doble propósito	Engorda	Leche y cría/ doble propósito	Doble propósito/ engorda
Acceso a predio (vía)	Sendero o terracería	Sendero	Sendero	Terracería o sendero	Sendero o terracería	Terracería	Terracería	Terracería

Cabezas ganado promedio (número)	23	50	120	40	29	50	83	23
Producción de leche promedio (l)	24	115	140	37	53	0	140	45
Venta de animales (número)	Hasta 4	Hasta 15	Hasta 18	Hasta 6	Hasta 3	100**	Hasta 7	Hasta 18
Posesión de tierra promedio (ha)	31.14	90.5	90	51.5	14	28	31	7
Tierra para ganadería promedio (ha)	19	70	75	38	12	28	27	6.65

** En ganadería de engorda se compran animales de media ceba para complementar la cantidad de animales para venta, por lo que no mantienen ganado en los predios por más de seis meses.

Fuente: elaboración propia

La caracterización muestra que los sistemas en ambas cuencas exceden el coeficiente de agostadero de los potreros (tomando como referencia 1.8 unidades animales/ha), lo que indica que los predios se encuentran con mayor cantidad de animales de la que pueden soportar, a excepción del 23 % de los productores en Cuenca Alta y 5.9 % de Cuenca Baja quienes mantienen una carga animal menor a lo indicado en sus potreros; el impacto negativo de la sobrecarga del potrero, podría ser minimizado con un adecuado manejo del hato. La información obtenida en esta investigación evidenció que los productores tienen estrategias de manejo como rotación de potreros o el uso de pastos mejorados, aunque técnicamente insuficiente como para cubrir las necesidades del sistema; los registros tampoco mostraron que posean otros potreros que puedan contribuir a liberar la presión del ganado en los predios.

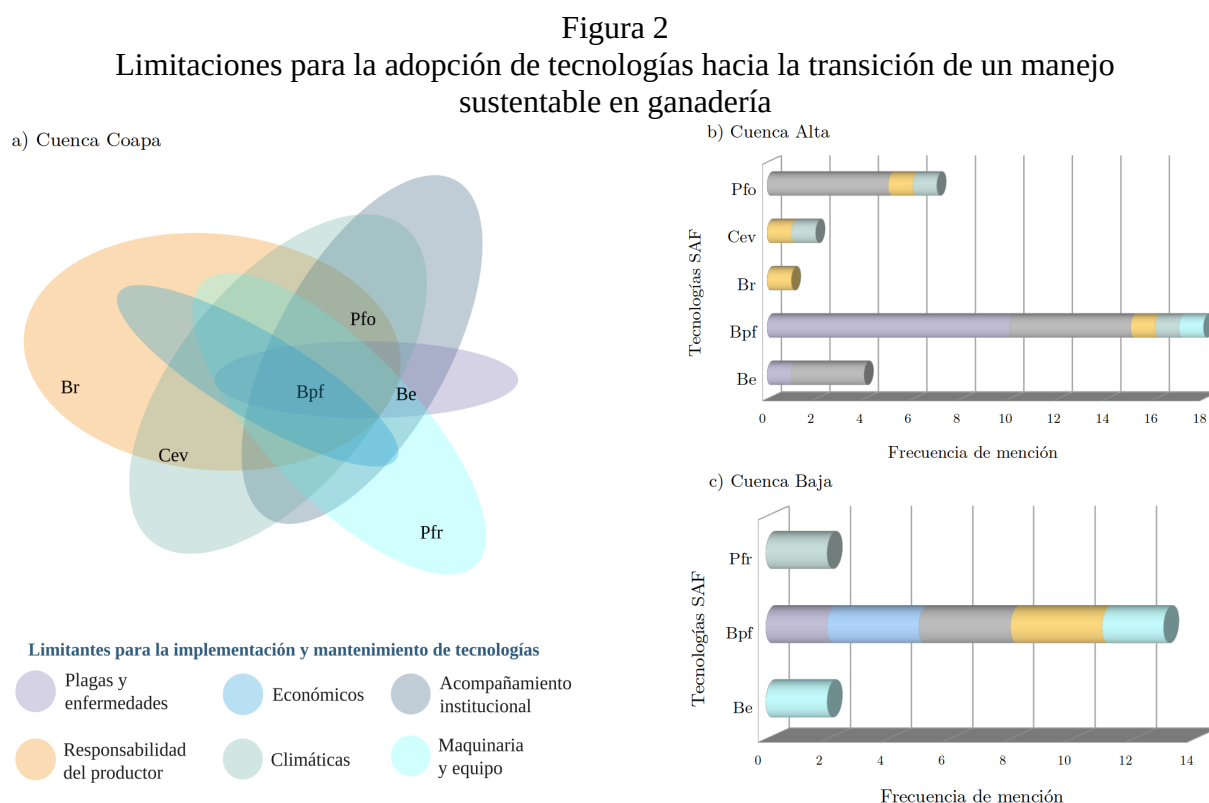
En este mismo contexto, la producción obtenida de leche y carne, sugiere que no es un sistema económicamente rentable. De acuerdo a las observaciones de campo, la producción mantiene una inversión económica mínima para el manejo del ganado; aunque se cuenta con trabajadores (familiares principalmente), que ordeñan, alimentan y cuidan al ganado y proporcionan mantenimiento a los potreros por un periodo regular de tres a seis meses al año. Los ingresos de la ganadería pueden considerarse de subsistencia, donde la venta de leche contribuye a solventar las necesidades diarias; mientras que la venta anual de becerros y toretes complementan el ingreso. En el municipio de Pijijiapan, la ganadería tiene como característica general bajos rendimientos productivos (Rodríguez *et al.*, 2020).

Análisis de adopción de tecnologías SP y ASP en ganadería de la Cuenca Coapa

La adopción de tecnologías es limitada por el contexto físico natural (Toledo y González, 2007). Por otro lado, la toma de decisiones de los productores también se influencia por otros factores como la falta de recursos económicos para adquirir insumos iniciales para la implementación de las innovaciones, el bajo precio de mercado de los productos obtenidos, la consideración de tiempo que le tomará el aprendizaje e implementación de la innovación y el acompañamiento institucional (Legal *et al.*, 2011). A esto se suma la percepción de desvalorización del conocimiento local sobre las adaptaciones empíricas que con el tiempo los productores lograron en el sistema (Shiva, 2006; Naah, 2018), el contexto cultural de la población objetivo y la

validación local de las tecnologías que se quieren masificar (Browa, 1983; Borrás *et al.*, 2015).

La figura 2 muestra que la escala de análisis de las limitaciones a nivel de cuenca (a) no refleja la realidad de los productores de acuerdo a su ubicación en ésta (b y c).



Be= Banco energético; Bpf= Banco de proteína y banco forrajeros; Br= Barrera rompevientos; Cev= Cercos vivos; Pfr= Pastoreo en frutales; Pfo= Pastoreo en forestales
Fuente: elaborado por los autores

La práctica de bancos proteicos de *Leucaena leucocephala* y forrajeros (compuestos por caña de azúcar -*Saccharum officinarum* o *Pennisetum purpureum*-CT-115 así como *Panicum maximum* Jacq), fueron sin duda las que presentaron mayor dificultad para la adopción debido principalmente a que tanto productores como los técnicos del proyecto no conocían el manejo de las especies; el modelo productivo silvopastoril fue implementado y promovido en Michoacán, en terrenos planos altamente fértiles, alta densidad de siembra y mecanizados, manejo que se trató de replicar sin éxito en la Cuenca Coapa. Estos resultados contrastan con lo que dice la CONANP en donde indica que tiene experiencias favorables con la introducción de árboles en los sistemas ganaderos.

Las condiciones locales de la planicie costera es de suelos arenosos, perjudicó la germinación de la *leucaena* (se estableció como siembra directa de la semilla), las plantas que nacieron, presentaron problemas de sobrevivencia y las pocas que crecieron, mantuvieron un único tallo delgado y de altura poco mayor a un metro; estos resultados coinciden con lo registrado por Moreno *et al.* (2011), quienes explican que el sol, la sequía y el tiempo de almacenamiento de la semilla, condicionan la germinación, la sobrevivencia y desarrollo de la *leucaena* con registros entre 40 - 90 % de pérdida.

Después de un año, al momento del ramoneo, los arbustos de *leucaena* se arrancaban, de acuerdo a las observaciones de los productores entrevistados

argumentaron que la planta tenía raíces poco profundas. En el caso de la zona de laderas pronunciadas en la parte serrana, los derrumbes y erosión de suelo complicaron el establecimiento de estas tecnologías. Otro elemento importante para la no adopción de esta práctica fueron las plagas; como la hormiga zompopo -género *Atta sp.*- que atacó a la *Leucaena* y la presencia de *Xanthomonas campestris* pv *campestris* enfermedad que atacó el follaje de pasturas; estos tres problemas estuvieron presentes durante todo el proceso; no fue posible controlarlos.

Como parte del aprendizaje obtenido, los productores reemplazaron la *leucaena* por caulote (*Guazuma ulmifolia*), árbol de la región de atractiva gustocidad para el ganado, el cual manejaron como banco de proteína (mismo que se encontró en campo intercalado con cuajilote (*Parmentiera edulis*), especies que establecieron en arreglos como bancos de proteínas y para ramoneo, de los que se aprovecha tanto el follaje como el fruto. Por su parte, las limitaciones para la adopción de bancos energéticos, compuestos por caña de azúcar, fueron las plagas, la falta de maquinaria adecuada para picar la caña y darla como alimento al ganado, el acotado acompañamiento institucional que no especificaba control de plagas y el desconocimiento técnico del manejo de la caña de azúcar como forraje. Considerado una mala planeación técnica.

En ambas ubicaciones de la cuenca, la adopción del pastoreo en frutales tanto como en forestales y los cercos vivos fueron limitados por incendios anuales, los cuales pueden ser originados por uso de fuego para renovación de pastizales, originados por colillas o cerillos tirados en las rutas de carreteras así como por el uso tradicional de la tierra (Rodríguez *et al.*, 2020), y los estragos de los fenómenos meteorológicos. Los productores señalan que “*solo pega el árbol que nace solo*” refiriéndose a que aun cuando sembraron en diversas ocasiones árboles maderables y frutales, las condicionantes arriba descritas, no permitieron la sobrevivencia de las especies sembradas.

Los factores determinantes en la adopción de prácticas sustentables fueron el acompañamiento institucional con una frecuencia de 64 %; los efectos climáticos 37.5 % mientras que el 33 % recayó en la responsabilidad del productor; 25 % fue por maquinaria y equipo inadecuados o falta del mismo y el 16 % por plagas y enfermedades. De acuerdo a los apoyos otorgados por el proyecto se encontró que el grado de implementación tuvo distinciones entre tipo de productor; en CA el tipo 1 y 2 implementaron 74 % y 73 % respectivamente, mientras que los tipos 3 y 4 implementaron de 90 % y 100 % de los apoyos. En tanto que, en CB el tipo 1 implementó 81.3 % de las prácticas, el 2, el 100 %, el tipo 3 alrededor de 91.7 % y el 4 fue el grupo con menor implementación con 75 %. En el aspecto de implementación, el proyecto presentó un impacto positivo; en contraste con la adopción de los productores fue de 45 %; este resultado se obtuvo al comparar los apoyos implementados por el productor versus los componentes encontrados en campo al realizar esta investigación. Flores-González *et al.* (2018) enfatizó que la adopción de tecnologías en sistemas pecuarios se dará si éstas son de bajo costo económico, requieran baja inversión de tiempo y fáciles de aprender para el productor. Los resultados de este análisis de cuenca evidenciaron que la realidad es más compleja que la propuesta por los autores antes mencionados.

Arreglos espaciales de potreros y su influencia en la cobertura forestal del predio

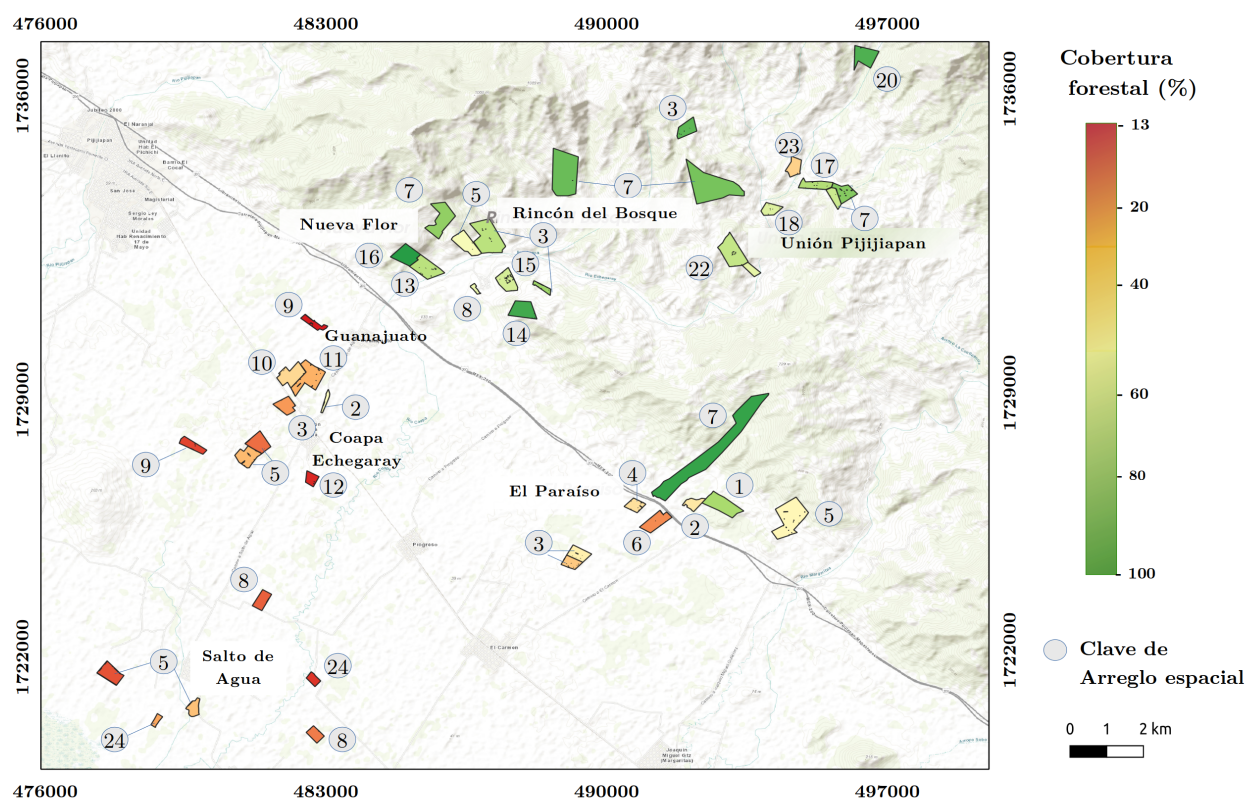
El análisis de la estructura de potreros es la representación territorial de la toma de decisiones de los productores con base en sus experiencias (descritas anteriormente), que lo llevó a incorporar o no en su diseño de potrero las diversas tecnologías

agroforestales (TAF). Se identificaron 24 arreglos espaciales distintos (figura 3), en los que predominan tres TAF: 97 % de los predios mantiene árboles dispersos en potreros y ocupa una superficie de 44.5 ha lo que representa el 5 % del total de los predios estudiados; le sigue el cerco vivo perimetral con 76.74 %, con 4.8 % de la superficie de estudio y finalmente árboles reserva en potrero en 74.4 % de los predios y representa el 44.25 % de la superficie total de potreros muestreados.

En la región estudiada, es frecuente encontrar predios con cercas vivas utilizadas para delimitar los potreros y árboles dispersos en potreros en pequeñas cantidades (Marinidou *et al.*, 2019), porque en ganadería extensiva los productores consideran poco rentable este tipo de distribución arbórea (Ángel-Sánchez, 2017). Cortés *et al.* (2016) y Pezo *et al.* (2019) encontraron que los productores SSP incorporan más frecuentemente en sus predios tecnologías agroforestales como árboles dispersos en potreros, cercos vivos, barreras rompevientos, pastoreo en bosque natural lo que coincide con lo encontrado en la Cuenca. Por otra parte, los bancos forrajeros que suelen ser también un componente popular entre los ganaderos, en esta región no tuvieron buena adopción a consecuencia de las limitaciones presentadas en estos componentes. Hay que destacar que los cercos vivos perimetrales tuvieron mayor aceptación que los cercos vivos interiores.

Otro punto que resaltar es que el tipo de productor influyó en el porcentaje de cobertura forestal dentro de los potreros. Los productores de Cuenca Alta mantuvieron rangos de hasta 50 % mayor cobertura forestal en comparación con los productores de Cuenca Baja principalmente el tipo 1 (cobertura forestal de 43.9 - 91.9 % y 13.6 - 45 % respectivamente), mientras que el grupo 2 fluctuó en CA 50.3 – 54.9 % y CB 39 %; tipo 3 coincidió en ambas cuencas con los rangos más bajos 45.2 % CA y 19.7 – 27.6 % CB y los productores de la tipología 4 registró 38.7 – 100 % de cobertura forestal en Cuenca Alta y 25.6 – 47.7 % en Cuenca Baja.

Figura 3
Arreglos espaciales en potrero y su relación con la cobertura forestal en los predios ganaderos año 2016



Fuente: elaboración propia

La distribución de arreglos espaciales no sigue un patrón definido, sin embargo, fue evidente que la ubicación del predio en la cuenca tiende a diferenciar el porcentaje de cobertura forestal en los potreros; independientemente que tengan el mismo tipo de arreglo espacial. La variación entre potreros con el mismo arreglo se encuentra en la densidad de cobertura forestal de los componentes en el diseño de los predios (cuadro 2); siendo la CA la más privilegiada en este sentido posiblemente debido a las condiciones de difícil accesibilidad, grandes distancias para llegar a los predios, así como la cercanía al Área Natural Protegida El Triunfo.

Cuadro 2
Características y tipología de arreglos espaciales de potreros participantes en la investigación (año 2016)

Arreglo espacial de potrero	Rango de cobertura forestal (ha)		Total de componentes por arreglo	Pa	Pba	Pm	Ca	Cvp	Cvi	Bf	Bp	Zp	Za	ar	arp	adp
	Cuenca Alta	Cuenca Baja														
1	19.3	0	5					x		x		x		x	x	
2	4.12	1.81	4					x				x			x	x
3	3.86 ± 26.31	3.51 ± 5.93	6		x			x	x			x		x	x	
4	0	3.86	8				x	x	x	x	x	x		x	x	
5	10.43 ± 21.38	3.1 ± 5.59	5					x	x			x		x	x	

6	0	4.54	6		x		x	x		x		x	x
7	4.74 ± 98.66	0	3							x		x	x
8	1.27	2.1 ± 2.61	4				x	x		x			x
9	0	1.15 ± 2.03	5				x	x		x	x		x
10	0	8.88	5	x			x	x		x			x
11	0	8.57	6				x	x	x	x	x		x
12	0	1.13	4				x	x		x			x
13	14.52	0	6				x	x		x		x	x
14	19.13	0	4		x					x		x	x
15	10.2	0	9	x	x	x		x	x	x	x	x	x
16	21.11	0	2		x								x
17	9.23	0	7		x		x	x	x	x		x	x
18	5.77	0	6				x		x	x	x	x	x
19	11.93	0	6				x	x	x	x		x	x
20	18.32	0	4				x			x		x	x
21	3.31	0	5		x		x	x		x			x
22	18.69	0	5			x		x		x		x	x
23	4.65	0	7				x	x	x	x	x	x	x
24	0	1.06 ± 1.08	3					x		x			x

Pa=plantaciones de árboles; Pba=Pastoreo bajo árboles; Pm=Pasto mejorado; Ca=Cuerpos de agua; Cvp=Cercos vivos perimetrales; Cvi=Cercos vivos interiores; Bf=Bancos forrajeros; Bp=Bancos de proteínas; Zp=Zona de pastoreo sin árboles; Za=Zona agrícola; ar=Árboles ribereños; arp=Árboles reserva en potrero; adp=Árboles dispersos en potrero.

Fuente: elaboración propia

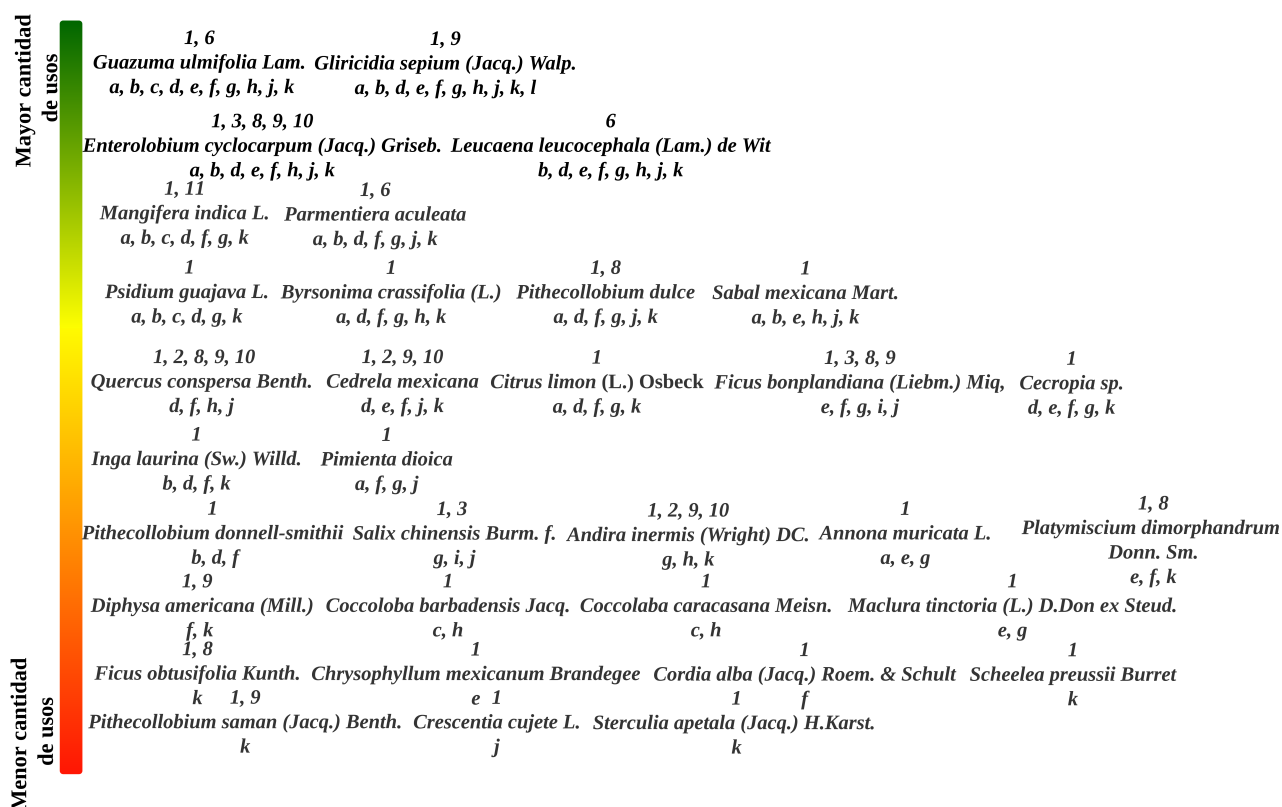
En adición, se analizó la toma de decisiones sobre el grado de cobertura forestal mediante el estadístico de análisis de componentes principales (ACP), los resultados mostraron una asociación entre las variables menor a 45 % por lo que se considera una posible relación con el porcentaje de cobertura forestal pero no son determinantes para este resultado. El comportamiento de las variables también tuvo diferencias con la ubicación de los predios en la cuenca. En Cuenca Alta 50-67 % de la cobertura forestal se asocia a variables como: **Años de trabajo en el proyecto silvopastoril, apoyos otorgados en especie por el proyecto**, total de componentes implementados por el productor, **inversión del proyecto por individuo, número de miembros en el grupo SP, Número de miembros de la familia**, tipo de acceso al predio, **grado de estudios**, Número de animales del hato, ingreso anual total (venta de animales/leche). En Cuenca Baja no hubo distinción clara entre la asociación de cobertura arbórea y las variables, sin embargo, las variables resaltadas (mencionadas anteriormente), coinciden con el rango 13-48 % de cobertura forestal, el más alto de la región. Por lo tanto, se asume que el proyecto silvopastoril influyó en la conservación y posible aumento de cobertura forestal a través del establecimiento de componentes ASP.

Presencia de árboles en los componentes agroforestales como estrategias de adaptación al cambio climático

Se registraron 33 especies de árboles y arbustos distribuidos en los diversos componentes agroforestales de los potreros (figura 4); si bien en esta investigación no se censaron los árboles, la información obtenida permitió comprender cómo la vegetación arbórea en los potreros es una estrategia de los productores para la adaptación ante el cambio climático. Los árboles fueron coincidentes por componente agroforestal independiente de la ubicación del potrero en la cuenca; a excepción de los árboles señalados con menor uso, los cuales prevalecen en cuenca alta por ser vegetación natural remanente o en conservación dentro de los predios.

De acuerdo a la cantidad de especies arbóreas por componente agroforestal se tiene que, los árboles dispersos en potreros albergan 53.3 % de las especies, seguido por cercos vivos perimetrales e interiores con 13.3 % y 10 % respectivamente, pastoreo bajo árboles 6.7 %, mientras que árboles reserva en potrero, árboles ribereños y banco de proteína registraron 5 % cada uno y finalmente, las plantaciones de árboles que presentaron 1.7 % de especies dentro del sistema. Alrededor de 27 % de las especies encontradas, son consideradas por los productores como especies introducidas, mientras que el resto, son remanente de vegetación local que “nació sola” o fue conservada en el potrero por la sombra o el valor cultural que el productor le otorga.

Figura 4
Uso de las especies arbóreas encontradas en los componentes agroforestales de los potreros (2020)



Ubicación: 1) árboles dispersos en potrero; 2) árboles reserva en potrero; 3) árboles ribereños; 4) zona agrícola; 5) zona de pastoreo sin árboles; 6) banco de proteínas; 7) banco forrajero; 8) cerco vivo interior;

9) cerco vivo perimetral; 10) pastoreo bajo árboles; 11) plantaciones de árboles; **Uso**⁷: a) alimento humano; b) alimento animales domésticos; c) alimento animales silvestres; d) leña; e) material para construcción/muebles; f) material para postes; g) uso medicinal; h) importante para especies silvestres; i) bioinsecticida; j) materia prima para uso no maderable; k) paisaje/sombra; l) abono verde.
Fuente: elaboración propia

Los resultados mostraron que 79 % de las especies que se usan en los potreros son multifuncionales. Del total de árboles y arbustos registrados en potrero, se observó que 49.6 % son para uso doméstico (alimento, leña, materia prima, uso medicinal), 28.5 % se conservan por los servicios ecosistémicos que proveen (sombra, protección contra fuertes vientos, inundaciones, deslaves, alimento y hábitat para animales silvestres) en tanto que, únicamente el 21.9 % se utilizan en labores ganaderas como alimento o materia prima. De este último, 7.3 % de las especies arbóreas encontradas se establecen para proveer alimento al ganado y se asocian como parte de sistemas agroforestales pecuarios (*Enterolobium cyclocarpum*, *Gliricidia sepium*, *Pithecollobium dulce*, *Sabal mexicana*, *Parmentiera aculeata*, *Leucaena leucocephala*), de las cuales pueden consumirse el follaje, flores o frutos, son ricas en proteína cruda, vitaminas y fibra (Palma y González, 2018); otras especies como *Diphysa americana*, *Inga laurina* y *Psidium guajava* además de alimento, cumplen una función ecosistémica para rehabilitar los suelos, control de erosión, estabilizantes de cauces fluviales, reforestación y protección contra los vientos (Palma y Torres, 2020). Si bien las especies registradas en potreros pueden tener otros usos a los que no se hace referencia, en la figura 4 se muestran los usos mencionados por los productores y estudios de la región.

La figura 4 deja de manifiesto que la toma de decisiones con respecto a conservar árboles en potrero es una estrategia de adaptación no solo ante el cambio climático, pues se complementa con insumos de subsistencia para el productor y su familia, además de promover resiliencia del sistema ganadero⁸, a nivel doméstico, así como para las especies silvestres. Naturalmente, estos resultados son indicativos, puesto que, la cuantificación de las especies y la consideración de información técnica de los árboles (tamaño del árbol, características de copa entre otros datos), proporcionará la contribución real de los árboles y arbustos en el sistema.

Las recomendaciones internacionales para la ganadería ante el cambio climático continúan apuntando hacia la introducción y manejo de pastos mejorados, como principal fuente alimentaria para el ganado, reducción de emisiones, mejoramiento genético del hato y captura de carbono (FAO, 2018) e incentivar el proceso hacia la intensificación (Rodríguez, 2020); no obstante, en un contexto como el de la Cuenca Coapa, la ganadería extensiva con algunas reestructuraciones del predio, puede ser una opción más viable como estrategia de adaptación al cambio climático (Pateiro *et al.*, 2020).

7 Elaboración propia con base en información de campo, entrevistas y consulta de las siguientes referencias: Hernández-Xolocotzi 1949; Tai-Wing *et al.* 1994;; Miranda 1998; Ku-Vera *et al.* 1999; Kent y Scatena 2000; Kraft *et al.* 2001; Olvera-Fonseca 2004; Seth 2004; Volpato y Godínez 2004; Gómez-Castro *et al.* 2006; Escobar-Ocampo y Ochoa-Gaona 2007; Salgado-Mora *et al.* 2007; Jiménez-Ferrer *et al.* 2008a; Jiménez-Ferrer *et al.* 2008b; Pinto-Ruiz *et al.*, 2010; González-Marín *et al.*, 2012; Suárez *et al.*, 2012; Herrero-Jáuregui *et al.*, 2013; Jiménez-Ferrer y Hernández-López, 2008; Orantes-García *et al.*, 2013; González-Valdivia *et al.*, 2014; Ríos-García *et al.*, 2015; Amigo, 2018.

8 “la resiliencia determina la persistencia de las relaciones dentro de un sistema y es una medida de la habilidad de estos sistemas para absorber los cambios de estado de las variables; manejo de las variables y parámetros y todavía resiste” (Folke, 2006).

El CC afectará directa o indirectamente al ganado en salud y bienestar animal por efecto de inundaciones, sequías, incendios, cantidad y calidad del agua así como la aparición o reaparición de enfermedades infecciosas o vectores de transmisión (Blanco-Penedo *et al.*, 2020). En los pastos y cultivos el CC podría alterar sus rendimientos y ciclos productivos relacionado con la sequía, así también tendrá efecto en la fertilidad del suelo; en los animales las altas temperaturas tenderán a alterar el comportamiento y fisiología que se reflejará en la salud, confort térmico de los animales, finalmente en el rendimiento productivo y en casos extremos, la muerte (Blanco-Penedo *et al.*, 2020).

La incorporación de árboles en los potreros, representa en sí, una estrategia ante el cambio climático por varias razones, primero, tomar la decisión de conservar o incorporar árboles al potrero se basa en la experiencia o conocimiento de los productores sobre las especies de árboles así como sus beneficios directos o indirectos (Ríos-García *et al.*, 2015), otras razones, como la resiliencia que dan los árboles al sistema ganadero porque proveen cantidad y calidad alimentaria para el ganado, reducen el estrés calórico de los animales debido al microclima y sombra de los árboles y arbustos, contribuyen a conservar la humedad en el sistema productivo, fomentan biodiversidad de flora y fauna a la vez que suplen necesidades de subsistencia para los productores y animales (Cisneros, 2019), suministran materia prima para diversas actividades, además de ser una protección contra el impacto de eventos extremos.

Con la incorporación de árboles y arbustos, se asume hay una modificación de conductas de los productores como la eliminación del uso de fuego para la limpieza de potreros, con esto, también se evita la erosión causada por la pérdida de cobertura vegetal, así como la pérdida de materia orgánica derivada de este evento (del Ángel-Pérez *et al.*, 2018); se beneficia el ciclaje de nutrientes y los procesos de recuperación y enriquecimiento de microflora y fauna que habitan en el suelo; sin dejar de lado los servicios ecosistémicos como la captura de carbono y la conectividad la cual tendrá un impacto en las especies silvestres de reptiles, aves, mamíferos y anfibios (Domingo-Liano *et al.*, 2017; del Ángel-Pérez *et al.*, 2018).

De acuerdo a los resultados analizados y tomando en consideración la diversidad de usos de los árboles registrados así como el contexto socioeconómico y ambiental regional, se sugieren algunas estrategias SP y ASP para la Cuenca Coapa:

- 1 Incentivar los árboles dispersos en potrero enfatizando la introducción de árboles frutales, forrajeros y multifuncionales;
- 2 Establecer bancos de proteínas diversificados, intercalando principalmente especies como *Guazuma ulmifolia*, *Parmentiera aculeata*, *Gliricidia sepium*;
- 3 Establecer cercos vivos perimetrales con por lo menos dos estratos incorporando árboles maderables y multifuncionales;
- 4 Establecer cercos vivos interiores incorporando árboles y arbustos forrajeros, multifuncionales y frutales
- 5 En zonas inundables, se recomienda el uso de *Andira inermis*, *Salix chinensis*
- 6 Promover el pastoreo bajo árboles para zonas de ladera y serranas,
- 7 Siembra de árboles ribereños
- 8 En zonas de manglar donde pastorea el ganado, se recomienda establecer barreras vivas de especies de manglares locales.

Reflexiones finales

El proyecto silvopastoril influyó en la sensibilización de los productores a conservar e incrementar diversas especies de árboles locales; reforzando TAF que algunos ganaderos tenían en sus potreros antes del proyecto, tales como cercas vivas perimetrales y árboles reserva en potreros. Al mismo tiempo, contribuyó a promover los

árboles dispersos en potreros y cercos vivos interiores así como evitar la apertura de nuevas zonas de pastoreo a cielo abierto a través del corte selectivo de árboles de reserva para proporcionar mayor paso de luz y estimular el crecimiento de pasto, transformando esas áreas en pastoreo bajo árboles.

Por otra parte, existen dos elementos a resaltar, la ubicación del predio en la cuenca y el tipo de productor inciden en la diversidad de arreglos espaciales de los potreros y con el porcentaje de cobertura forestal de los predios, donde los tipos 1 de CA y 4 de ambas cuencas se relacionaron con mayor cobertura forestal, cabe señalar que son los grupos de productores con menor cantidad de cabezas de ganado y superficie de potrero.

El uso de árboles en potrero como estrategia de adaptación al cambio climático contribuye a diversificar la alimentación del ganado, los animales silvestres y de los humanos. El mayor aporte se percibe en el suministro de bienes y servicios naturales para uso doméstico y para la conservación de los servicios ecosistémicos, así como la generación de hábitat para fauna silvestre, mejorar el microclima, la retención de tierra en zonas de ladera, aminorar los impactos de las inundaciones y eventos meteorológicos; sin embargo, es necesario cuantificar el componente forestal para obtener el beneficio real en los potreros.

La ganadería de la Cuenca Coapa es una actividad productiva considerada viable por los productores locales, principalmente por las condicionantes económicas y de degradación ambiental que encarecen la posibilidad de desarrollar otras alternativas; sin embargo, la forma de producir actual contribuye a vulnerar la cuenca. Incentivar TAF con uso de árboles multifuncionales es una alternativa viable, pues representan menor costo de inversión y curva de aprendizaje para los productores, contribuyen a aumentar la cobertura forestal y mejorar las condiciones físicas de la cuenca, en contraste con el enfoque que promueve técnicas de intensificación del manejo de sistemas pecuarios y producción de alimentos intensivos.

Se recomienda indagar a mayor profundidad sobre indicadores técnicos relacionados con los factores que aquí se exponen para implementar soluciones asertivas al momento de establecer TAF.

Agradecimientos

Agradecemos a los productores que participaron en este proceso de investigación y compartieron sin inhibiciones sus experiencias y anhelos. A Pronatura Sur y a Laige de Ecosur quienes brindaron información de base para este estudio.

Literatura citada

- Amigo, J. (2018). Contribuciones sobre el género *Salix* (Salicaceae) en Chile. *Chloris Chilensis, Revista Chilena de flora y vegetación*, 21(2). URL :// www.chlorischile.cl
- Ángel-Sánchez, Y. K., Pimentel-Tapia, M. E. & Suárez-Salazar, J. C. (2017). Importancia cultural de vegetación arbórea en sistemas ganaderos del municipio de San Vicente del Caguán, Colombia. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*, 20(2), 393-401. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v20n2/v20n2a17.pdf>
- Barrasa, S. (2017). De montaña, milpa y cañaveral. Transformaciones percibidas de los paisajes en la Costa de Chiapas. *Investigaciones Geográficas*, 93(2017), 1-15. <https://doi.org/10.14350/rig.54775>
- Battaglini, L., Bovolenta, S., Gusmeroli, F., Salvador, S. & Sturaro, E. (2014). Environmental sustainability of alpine livestock farms. *Italian Journal and Animal Science*, 13(2), 431-443. <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3155>

- Blanco, P. I., Cantalapiedra, J. y Llonch, P. (2020). Impacto del cambio climático sobre el bienestar animal en los sistemas ganaderos. *ITEA-Inf. Tec. Econ. Agrar*, 116(5), 424-443 [https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2020/116-5/\(424-443\)%20ITEA%20116-5%20EXTRA.pdf](https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2020/116-5/(424-443)%20ITEA%20116-5%20EXTRA.pdf)
- Bopp, C., Engler, A., Poortvliet, M., & Jara-Rojas, R. (2019). The role of farmers' intrinsic motivation in the effectiveness of policy incentives to promote sustainable agricultural practices. *Journal of Environmental Management*, 244(15), 320-327. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.107>
- Borras, S., Franco, J., Monsalve-Suárez, S. (2015). Land and food sovereignty. *Journal Third World Quarterly. Food sovereignty: convergence and contradictions, condition and challenges*, 36(3), 600-617, <https://doi.org/10.1080/01436597.2015.1029225>
- Browa, H. (1983). The causes, conditions and patterns of appropriate technology: an attempt of explanation and description by means of system-analytical macro-approach. *Systems approach to appropriate technology transfer. Proceedings of the IFAC Symposium, Vienna, Austria*, 16(2), 11-20 [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)69210-3](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)69210-3)
- Carabias-Lillo, J., Provencio, E., De la Maza, J., Jiménez-González, F. (1999). *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada*. 1ra ed. México, DF: Instituto Nacional de Ecología (184), <http://www.paot.mx/centro/ine-semarnat/anp/AN09.pdf>
- Cisneros, S. P. (2019, 9 de abril). Sistema silvopastoril: ganadería bovina ante el cambio climático. *Revista Vinculando*, <https://vinculando.org/productores/sistemas-silvopastoriles-estrategia-pertinente-para-la-ganaderia-bovina-ante-el-cambio-climatico.html?highlight=feed#vcite>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2013). *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe*. Santiago, Chile (178)
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)-Fondo Mexicano para la Conservación A.C.-The Nature Conservancy. (2011). Programa de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas del complejo de Sierra y Costa de Chiapas, México. Primera edición (32)
- Climate-data.org. (2020, Abril 6). Datos climáticos de Pijijiapan, Chiapas. <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/chiapas/pijijiapan-1021757/>
- Cortéz, E. J. G., Uribe, G. M., Cruz, L. A., Lara, B. A. y Romo, L. J. L. (2016). Árboles nativos para el diseño de tecnologías silvopastoriles en la Sierra de Huautla, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 16(2016), 3371-3380. <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/editorial/index.php/agricolas/article/view/402/325>
- del Ángel-Pérez, A. L., Hernández-Estrada, Carmen A., Nataren-Velázquez, J., Villagómez-del Ángel, T. E., Villagómez-Cortés, J. A. y Tapia-Naranjo, A. C. (2018). *Pago por servicios ecosistémicos en ganadería extensiva como instrumento de desarrollo regional*. Experiencias de Desarrollo Territorial y Sustentable en México. Primera Edición. Universidad Interserrana del Estado de Puebla y Plaza y Valdés editores, 83-110 ISBN: 978-607-8624-11-9
- Domingo-Laino, L., Musálem, K. y Laino, R. (2017). Perspectivas para un desarrollo sustentable: un estudio de caso de producción ganadera en la región del Chaco Paraguayo. *Población y Desarrollo*, 23(45):95-106 [https://doi.org/10.18004/pdfce/2076-054x/2017.023\(45\).095-106](https://doi.org/10.18004/pdfce/2076-054x/2017.023(45).095-106)

- Escalante, S. C. (2006). Análisis del patrón de lluvias en la Costa de Chiapas. *Quehacer Científico en Chiapas, UNACH*, 1(1), 39-64
- Escobar-Ocampo, M. y Ochoa-Gaona, S. (2007). Estructura y composición florística de la vegetación del Parque Educativo Laguna Bélgica, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 78(2), 391-419
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v78n2/v78n2a16.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). *Soluciones ganaderas para el cambio climático, Roma, Italia* (8)
<http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/1105457/>
- Folke C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), 253–267.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002>
- Fletes-Ocón, H. B. (2009). La reinención de una vocación regional agroexportadora. El Corredor Costero de Chiapas. *Revista LiminaR, Estudios sociales y humanísticos*, 7(2), 164-183. <http://www.scielo.org.mx/pdf/liminar/v7n2/v7n2a11.pdf>
- Flores-González, A., Jiménez-Ferrer, G., Castillo-Santiago, M., Ruiz de Oña, C. & Covalada, S. (2018). Adoption of sustainable cattle production technologies in the Lacandon rainforest, Chiapas, México. *International Journal Innovations and Research*, 7(2), 2319-1473.
<https://sii.ecosur.mx/Content/ProductosActividades/archivos/25124/textocompleto%201.pdf>
- Galván, F. A. y Márquez, G. A. (2006). Descripción biofísica de la cuenca del río Coapa, Chiapas. *Hidrobiología*, 16(2), 107-120.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v16n2/v16n2a1.pdf>
- García-Barrios, L. y González-Espinosa, M. (2017). Investigación ecológica participativa como apoyo de procesos de manejo y restauración forestal, agroforestal y silvopastoril en territorios campesinos. Experiencias recientes y retos en la Sierra Madre de Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 88, 129-140. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.10.022>
- Gómez-Castro, H., Nahed-Torál, J., Tewolde, A., Pinto-Ruiz, R. y López-Martínez, J. (2006). Áreas con potencial para el establecimiento de árboles forrajeros en el centro de Chiapas. *Revista Técnica Pecuaria en México*, 44(2), 219-230
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61344207>
- González-Marín, R. M., Moreno-Cassasola, P., Orellana, R. & Castillo A. (2012). Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, México. *Environment, Development and Sustainability*. 14(2012), 541-555
<https://doi.org/10.1007/s10668-012-9343-y>
- González-Valdivia, N., Barba-Macías, E., Hernández-Daumás, S. y Ochoa-Gaona, S. (2014). Avifauna en sistemas silvopastoriles en el Corredor Biológico Mesoamericano, Tabasco, México. *Revista Biol. Trop.*, 62(3), 1031-1052 ISSN-0034-7744
- Google. (s. f., Mayo 2). Google satelital
<https://www.google.com/intl/zh-CN/cn/permissions/geoguidelines/attr-guide.html>
- Grunwald, A. (2018). Diverging pathways to overcoming the environmental crisis: A critique of eco-modernism from a technology assessment perspective. *Journal of Cleaner Production*, 197(2), 1854-1862
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.212>
- Hernández-Xolocotzi, E. (1949). Estudio botánico de las palmas oleaginosas de México. *Botanical Sciences- Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 9, 13-19
doi.10.17129/botsci.957 <https://kopernio.com/viewerdoi=10.17129>

- %2Fbotsci.957&token=WzIxNzE4MTgsIjEwLjE3MTI5L2JvdHNjaS45NTciXQJBFAPiW1JCpFvilckwUUUoxf7hk
- Herrero-Jáuregui, C., Guariguata, M. R., Cárdenas, D., Vilanova, E., Robles, M., Licona, J. C. & Nalvarte, W. (2013). Assessing the extent of “conflict of use” in multipurpose tropical forest trees: A regional view. *Journal of Environmental Management*, 130, 40-47 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.08.044>
- Inurreta, A. H., Uresti, D. D. y Uresti, G. J. (2014). Índice de capacidad de adaptación al cambio climático de los sectores agrícolas, pecuario y forestal (ICA) de ocho cuencas representativas del Sur-Sureste de México. En Piña, G. J. (ed.) *XXVI Reunión Científica Tecnológica, Forestal y Agropecuaria*, 369-377. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2019). *Summary for Policymakers. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*, (36) https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM_Updated-Jan20.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000. Serie VI
- Jiménez-Ferrer, G., Velasco-Pérez, R., Uribe-Gómez, M. y Soto-Pinto, L. (2008a). Ganadería y conocimiento local de árboles y arbustos forrajeros de la Selva Lacandona, Chiapas, México. *Veterinaria México*, 39(2), 199-213 <https://www.medigraphic.com/pdfs/vetmex/vm-2008/vm082i.pdf>
- Jiménez-Ferrer, G., López-Carmona, M., Nahed-Torá, J., Ochoa-Gaona, S. y de Jong, B. (2008b). Árboles y arbustos forrajeros de la Región Norte-Tzotzil de Chiapas, México. *Veterinaria México*, 39(2), 199-213 <https://www.medigraphic.com/pdfs/vetmex/vm-2008/vm082i.pdf>
- Jiménez-Ferrer, G. y Hernández-López, L. (2008). Diversidad de árboles en sistemas ganaderos de Chiapas. *Ecofronteras*, 32, 16-19. <https://revistas.ecosur.mx/ecofronteras/index.php/eco/article/view/924>
- Kebebe, E. G. (2017). Household nutrition and income impacts of using dairy technologies in mixed crop-livestock production systems. *The Australian journal of agricultural and resource economics*, 61(4), 626-644. <https://doi.org/10.1111/1467-8489.12223>
- Kent, R., Odum, T. & Scatena, F. N. (2000). Eutrophic overgrowth in the self-organization of tropical wetlands illustrated with a study of swine wastes in rainforest plots. *Ecological Engineering*, 16(2), 255-269. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(00\)00065-3](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(00)00065-3)
- Kraft, C., Jenerr-Siems, K., Siems, K., Solis, P., Gupta, M. P., Bienzle, U. & Eich, E. (2001). Andinermals A-C, antiplasmodial constituents from *Andira inermis*. *Phytochemistry* 58(5), 769-774 [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(01\)00295-3](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(01)00295-3)
- Ku-Vera, J. C., Ramírez-Avilés, L., Jiménez-Ferrer, G., Alayón-Gamboa, J. A. y Ramírez-Cancino, L. (1999). Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano. En M. D. Sánchez y M. Rosales Méndez (eds.), *Agroforestería para la producción animal en América Latina* (pp. 61-180, 231-257). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia ISBN: 92-5-304257-5
- Le-Gal, P. Y., Dugué, P., Faure, G. & Novak, S. (2011). How does research address the design of innovative agricultural production systems at the farm level? A review. *Agricultural systems*, 104, 714-728. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.07.007>

- López, M. J., Villas, S. B., Cama, G. R., López, B. W., Arellano, M. J. & Olvera, A. D. (2014). Zonificación de áreas prioritarias de intervención en cuencas de las regiones Sierra Madre y Costa del estado de Chiapas, México. En Piña, G. J. (ed.) *XXVI Reunión Científica Tecnológica, Forestal y Agropecuaria* (pp 440-447) Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
- Malý, M., Hálová, P., Havliková, M. & Zaková-Kroupová, Z. (2017). Valuation of public goods: the case of emissions from livestock holdings in the Czech Republic. *Agris on-line papers in economics and informatics*, 9(2), 99-111. <http://doi.org/10.7160/aol.2017.090109>
- Marinidou, E., Jiménez, F. G., Soto, P. L., Ferguson, B. G. & Saldívar, M. A. (2019). Proceso de adopción de árboles en áreas ganaderas: estudio de casos en Chiapas, México. *Sociedad y Ambiente*, 7(18), 201-230 ISSN: 2007-6576. <http://www.scielo.org.mx/pdf/sya/n18/2007-6576-sya-18-201.pdf>
- Miranda, F. (1998). La vegetación de Chiapas. Tercera edición. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Consejo Estatal para la cultura y las artes de Chiapas. (596)
- Molina-Pérez, V. (2016). Impacto económico y social del ferrocarril panamericano en la Región de Tonalá en el siglo XX. *Revista Pueblos y Fronteras Digital*, 11(21), 67-91. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rpfd/v11n21/1870-4115-rpfd-11-21-67.pdf>
- Moreno, C. P., Infante, M. D. y Madero, V. C. (2011). Germinación y supervivencia de dos especies de acahual de selva baja para restaurar dunas costeras. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 2(6), 19-36 <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v2n6/v2n6a4.pdf>
- Mouri, G. & Aisaki, N. (2015). Using land-use management policies to reduce the environmental impacts of livestock farming. *Ecological complexity*, 22, 169-177. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2015.03.003>
- Naah, J. (2018). Investigating criteria for valuation of forage resources by local agropastoralists in west Africa: using quantitative ethnoecological approach. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 14(2018), 62. <https://doi.org/10.1186/s13002-018-0261-4>
- Olvera-Fonseca, S. (2004). Evaluation of the bromatological potential of seeds and fruits of *Sabal mexicana* mart. (Arecaceae). *Economic Botany*, 58(4), 536-543 [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2004\)058\[0536:EOTBPO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2004)058[0536:EOTBPO]2.0.CO;2)
- Orantes-García, C., Pérez-Farrera, M. A., del Carpio-Penagos, C. U. y Tejeda-Cruz, C. (2013). Aprovechamiento del recurso maderable tropical nativo en la comunidad de Emilio Rabasa, Reserva de la Biósfera Selva El Ocote, Chiapas, México. *Madera y Bosques*, 19(1), 7-21 <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v19n3/v19n3a2.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). *Transforming the livestock sector through the sustainable development goals*. Rome. Pp. 222. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- Palma, G. J. & González-Rebeles, I. C. (2018). Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable. Universidad de Colima, Colima, México, 138 http://www.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/Recursos-arboreos-y-arbustivos-tropicales_462.pdf
- Palma, G. J. & Torres, R. J. (2020). Recursos arbóreos y arbustivos tropicales II para una ganadería bovina sustentable. Universidad de Colima, Colima, México, 131 http://www.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/Recursos-arboreos-II-DIGITAL_495.pdf
- Pateiro, M., Munekata, P. E. S., Domínguez, R. & Lorenzo, J. M. (2020). Ganadería extensiva frente al cambio climático en España. *ITEA-Inf. Tec. Con. Agrar*, 116(5),

- 444-460 [https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2020/116-5/\(444-460\)%20ITEA%20116-5%20EXTRA.pdf](https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2020/116-5/(444-460)%20ITEA%20116-5%20EXTRA.pdf)
- Pezo, D., Ríos, N., Ibrahim, M. & Gómez, M. (2019). Silvopastoral systems for intensifying cattle production and enhancing forest cover: the case of Costa Rica. Background paper. PROFOR Innovation and Action for Forest, (53)
- Pinto-Ruiz, R., Hernández, D., Gómez, H., Cobos, M. A., Quiroga, R. & Pezo, D. (2010). Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: usos y características nutricionales. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*, 26(1), 19-31
- Pohjanmies, Tahti; Triviño, María; Le-Tortorec, Eric; Mazziotta, Adriano; Snäll, Tord & Mönkköen, Mikko. (2017). Impacts of forestry on boreal forests: An ecosystem services perspective. *Ambio* 46, 743-755. <https://doi.org/10.1007/s13280-017-0919-5>
- Ríos-García, C. A., Ramírez-Ramírez, J., Molina-Meza, J. R., Pérez-Pimentel, M. E., López-López, M. & Orantes-García, C. (2015). Árboles y arbustos útiles en una comunidad campesina de Jiquipilas, Chiapas. *Lacandonia*, 9(2), 11-16. https://www.researchgate.net/publication/297928205_Arboles_y_arbustos utiles_en_una_comunidad_campesina_de_Jiquipilas_Chiapas
- Rodríguez, O. G., Nahed-Toral, J., Guevara-Hernández, F., Alayón-Gamboa, J. A. & Grande-Cano, J. D. (2020). Historia y caracterización técnica y socioeconómica de la ganadería bovina en la Costa de Chiapas, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(55), 1-13. <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3058/1433>
- Rodríguez, T. D. A., Martínez, M. P., Pulido, L. J., Martínez, L. P. J. & Cruz, L. J. (2020). Combustibles, comportamiento del fuego, emisiones en un pastizal y una sabana artificiales en Chiapas, México. *Revista Biología Tropical*, 68(2), 641-654 <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v68n2/0034-7744-rbt-68-02-641.pdf>
- Gómez, R. R., Ramos, S. E. & Romero, B. E. (2019). Problemas asociados con la rectificación y el cambio de cauce en los sistemas lagunares de la Costa de Chiapas, México. *Ciencia Pesquera*, 27(2), 59-67. https://www.researchgate.net/publication/340364113_Problemas_asociados_con_la_rectificacion_y_cambio_de_cauce_de_rios_en_los_sistemas_lagunares_de_la_costa_de_Chiapas_Mexico
- Salgado-Mora, M. G., Ibarra-Núñez, G., Macías-Sámano, J. E. & López-Báez, O. (2007). Diversidad arbórea en cacaotales del soconusco, Chiapas, México. *Interciencia*, 32(11), 763-768 <https://www.redalyc.org/pdf/339/33901107.pdf>
- Seth, Mukesh K. (2004). Trees and their economic importance. *The Botanical Review*, 69(4), 321-376 DOI: 10.1663/0006-8101(2004)069[0321:TATEL]2.0.CO;2
- SIAP. (2017). Resumen Nacional-producción, valor, animales sacrificados y peso. Anuario estadístico de la producción ganadera, http://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/
- Shiva, V. (2006). Monocultures of the mind. En J. Henry (eds.), *Creative Management and development* (pp. 199-217). Third edition. SAGE Publications Ltd
- Suárez, A., Williams-Linera, G., Trejo, C., Valdez-Hernández, J. I., Cetina-Alcalá, V. M. & Vibrans, H. (2012). Local knowledge helps select species for forest restoration in a tropical dry forest of central Veracruz, México. *Agroforest Systems*, 85(1), 35-55 <https://doi.org/10.1007/s10457-011-9437-9>
- Tai-Wing, W., Ling-Hua, Z., Jun, W. & Kwok-Pui, F. (1994). Morin: a wood pigment that protects three types of cells in the cardiovascular system against oxyradical damage. *Biochemical Pharmacology*. 47(6), 1099-1103 [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(94\)90424-3](https://doi.org/10.1016/0006-2952(94)90424-3)

- Toledo, V. & González, M. (2007). *El Metabolismo social: las relaciones entre la sociedad y la naturaleza*. En F. Garrido-Peña, M. González-de Molina, J. Serrano & J. Solana (eds.), *El paradigma ecológico en las ciencias sociales* (pp. 85-112). Barcelona: Icaria Editorial, ISBN 978-84-7426-756-3
- Vaca, R., Golicher, D., Cayuela, L., Hewson, J. & Steininger, M. (2012). Evidence of incipient forest transition in Southern Mexico. *PLoS ONE*, 7(8), 1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042309>
- Vargas-de la Mora, A. L. (2017). Proceso de construcción de ganadería sostenible. Reporte de trabajo. Pronatura Sur A.C. (82)
- Vargas-de la Mora, A. L. (2018). Livestock production in buffering zones in Chiapas, Mexico: analysis of community capitals. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(4), 565-583 <https://doi.org/10.22231/asyd.v15i4.900>
- Volpato, G. & Godínez, D. (2004). Ethnobotany of prunella, a traditional Cuban refreshment. *Economic Botany*, 58(3), 381-395 [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2004\)058\[0381:EOPATC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2004)058[0381:EOPATC]2.0.CO;2)
- Xu, X., Ma, Z., Chen, Y., Gu, X., Liu, Q., Wang, Y., Sun, M. & Chang, D. (2018). Circular economy pattern of livestock manure management in Longyou, China. *Journal of material cycles and waste management*, 20, 1050-1062 <https://doi.org/10.1007/s10163-017-0667-4>

Capítulo 3. Arreglos espaciales y servicios ecosistémicos en sistemas ganaderos de Chiapas

El artículo fue sometido a la revista Madera y Bosques

Autores: Vargas-de la Mora, Alma Liz¹, Camacho-Valdéz, Vera², Cach-Pérez, Manuel Jesús², Hernández-Moreno, M.C.³, Randhir, Timothy O. ⁴

¹ El Colegio de la Frontera Sur

² Conacyt-El Colegio de la Frontera Sur

³ Departamento de Estudios Sociales del Sistema Alimentario, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

⁴ Department of Environmental Conservation, University of Massachusetts

Estatus: Recibido

Arreglos espaciales y servicios ecosistémicos en sistemas ganaderos de Chiapas

Spatial arrangements and ecosystem services in livestock systems in Chiapas

Resumen

Se estimaron servicios ecosistémicos (SE) de predios ganaderos, para ello se realizaron entrevistas, visitas de campo, revisión de literatura científica y análisis de imágenes satelitales para identificar arreglos espaciales en 49 potreros de productores participantes y no participantes de un proyecto silvopastoril de la Costa de Chiapas, así como las especies arbóreas que los componen con base en los usos de éstos, se estiman los servicios ecosistémicos que proveen los potreros. A mayor percepción de utilidad de árboles y arbustos por parte de los productores, mayor valoración de SE registraron los diseños en los potreros. El proyecto silvopastoril tendió a estandarizar los arreglos espaciales, que proveen alto porcentaje de SE de acuerdo a la percepción de uso de árboles y arbustos. Los productores no participantes mantuvieron mayor diversificación dentro de sus potreros. 49.6 % de los árboles son para uso doméstico, 28.5 % se conservan por los servicios ecosistémicos que proveen y 21.9 % se utilizan en labores ganaderas. Se concluye que el proyecto silvopastoril tuvo efecto positivo en el aumento de la cobertura forestal y que debe integrarse un sistema de valoración de SE adecuada para sistemas productivos.

Palabras clave: Sistema Silvopastoril, Ganadería, Imágenes satelitales, Costa, Valoración ecosistémica

Summary

Ecosystem services of the cattle farms were estimated through the trees/shrubs found in them. Through interviews, field visits, scientific literature review, and analysis of satellite images, different spatial arrangements identified in 49 pastures of participating and non-participating producers of a silvopastoral project on the Chiapas coast; as well

as the tree species that compose them for estimated the ecosystem services (ES) provided by paddocks. The higher the perception of the utility of trees and shrubs by the producers, the higher the SE value recorded by the paddocks' designs. The silvopastoral project tended to standardize the spatial arrangements, which provide a high percentage of SE according to the perception of the use of trees and shrubs. Non-participating producers maintained greater diversification within their pastures. 49.6 % of the trees are for domestic use, 28.5 % conserved for the ecosystem services they provide, and 21.9 % used for livestock activities. It concluded that the silvopastoral project positively affected the increase of forest cover and that an adequate SE assessment system should integrate for productive systems.

Keywords: Silvopastoral system, Livestock, Satellite images, Coast, Ecosystem assessment

Introducción

En México los principales reservorios de biodiversidad son los ecosistemas tropicales y templados, principalmente bosques y selvas bien conservados, los cuales proveen importantes bienes y servicios a las comunidades, conocidos como servicios ecosistémicos (SE). Estos servicios dependen directamente de la integridad ecológica del sistema donde se generan (García-Flores, González-Espinosa, Linding-Cisneros y Casas, 2019). Durante las últimas dos décadas se han desarrollado diferentes sistemas de clasificación y evaluación de SE (Camacho y Ruiz, 2012); el más utilizado de ellos es el propuesto por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio [MEA] (2005). Sin embargo, el marco de evaluación más reciente es la Clasificación Común Internacional de Servicios Ecosistémicos -CICES- (European Environment Agency [EEA], 2018), el cual los categoriza en servicios de provisión, regulación y mantenimiento, así como

cultural, diferenciando los aportes bióticos y abióticos de cada servicio (Haines-Young y Potschin, 2018).

Las actividades productivas como la ganadería extensiva provocan cambios en la estructura de los bosques, impactando en especies de vida silvestre (flora y fauna) tanto como en la funcionalidad y suministro de servicios ecosistémicos (Pohjanmies *et al.*, 2017). El grado de afectación de los sistemas productivos a los paisajes, su funcionalidad y relación con el ambiente global (Montero-Mora y Viales-Hurtado, 2015) depende de las prácticas de manejo del sistema (Battaglini, Bovolenta, Gusmeroli, Salvador y Sturaro, 2014).

Skutsch y Turnhout (2020) sugieren que la producción ganadera podría ser un impulsor de deforestación y degradación ambiental; en muchos casos, consecuencia de políticas públicas productivistas (Bopp, Engler, Poortvliet y Jara-Rojas, 2019). Asumiendo la relación antagónica de la ganadería hacia la conservación ambiental, y tomando en cuenta la proyección para 2050 donde se estima habrá una creciente demanda de productos de origen ganadero (Pezo, Ríos, Ibrahim y Gómez, 2018), se espera la expansión de este sistema productivo y la pérdida de cobertura forestal por cambio de uso de suelo hacia ganadería.

Ante el escenario anterior se han desarrollado alternativas alrededor del mundo, desde los años 60's se han promocionado proyectos agropecuarios orientados hacia la transición al manejo ganadero sostenible, principalmente hacia prácticas silvopastoriles y agrosilvopastoriles (Kebebe, 2017; Naah, 2018), las cuales se enfocan, entre otras cosas, a la restauración de los servicios ecosistémicos de predios ganaderos mediante la integración de árboles, protección y racionalización de recursos naturales dentro del sistema, así como la intensificación en la producción de alimento para el ganado a

través de la rehabilitación de pasturas degradadas e implementación de acciones que evitan la degradación de suelo y agua (Pezo *et al.*, 2018).

Peri, Dube y Costa-Varela (2016) evidenciaron que a largo plazo, los SSP han logrado la conservación y aumento de cobertura forestal (nativa y especies leguminosas); lo cual aporta importantes mejoras en las condiciones ambientales de los potreros, suministran bienes y servicios para los productores y beneficia al ganado diversificando su alimentación (López-Vigoa *et al.*, 2017). Para identificar la contribución real de estos sistemas (Pachón-Ariza, Bokelmann y Ramírez-Miranda, 2016), se necesita evaluar el impacto de los árboles incorporados en SSP.

Esta investigación analizó el cambio de uso de suelo en sistemas ganaderos silvopastoriles (período 2005-2016) en la Costa de Chiapas, se utilizaron imágenes satelitales de alta resolución con el fin de identificar qué arreglos espaciales⁹ se encuentran en los sistemas ganaderos con énfasis en registrar los componentes agroforestales; qué especies de árboles y arbustos forman parte de estos componentes y qué aportes ecosistémicos proveen estos diseños de potreros de acuerdo a la clasificación CICES 2018, desde un enfoque de uso de las especies arbóreas, obtenido la información a través de entrevistas y registros en la literatura.

Materiales y métodos

La investigación se desarrollo con un enfoque mixto el cual brindó dos tipos de alcance, descriptivo al mostrar los tipos de arreglos espaciales de los potreros del estudio, y exploratorio al integrar la percepción y documentación referencial sobre los usos del componente arbóreo/arbustivo para estimar los servicios ecosistémicos de los predios.

Área de estudio

9 Arreglos espaciales, definidos por Harvey (1968) como la forma en que la economía capitalista hace uso del espacio y configuración de los paisajes)

El área de estudio se ubica en el Municipio de Pijijiapan a 15°41'12" latitud Norte, 93°12'33" longitud Oeste con una altitud de 45 msnm, en la Región Costa de Chiapas, México (figura 1). Al noroeste forma parte de la Sierra Madre de Chiapas en la cual se encuentra la Reserva de la Biósfera El Triunfo, mientras que al suroeste se ubica la Reserva de la Biósfera La Encrucijada. La temperatura oscila entre los 21.7 a 33.8°C, con una precipitación promedio anual de 2 165.3 mm (Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía [INEGI], 2009; Comisión Nacional del Agua [CONAGUA], 2020).

El municipio alberga 71 747.3 hectáreas de cobertura forestal considerando bosques y selvas (40 % de la superficie total). Sin embargo, perdió alrededor de 8 889 hectáreas de bosque entre 1990 a 2010; 12.5 % de la superficie (21 821.3 hectáreas) se encuentran en riesgo de deforestación alta y muy alta, siendo la ganadería el principal uso de suelo productivo en expansión con aproximadamente 50 % de la superficie municipal (Castillo-Santiago, Mondragón-Vázquez, Domínguez-Vera y García-González, 2020).

El proyecto silvopastoril que enmarca el presente trabajo inició en el 2005 con el propósito de impulsar la restauración forestal y liberación de áreas de potrero a través de la intensificación del sistema ganadero y trabajó con 89 productores (2 464.73 hectáreas, que representa 2.67 % de la superficie de pastizal municipal). Entre 2005 y 2016 la estimación de la inversión fue \$ 653 688 dólares estadounidenses, los cuales se han destinado para actividades de capacitación a productores y técnicos del proyecto (enfaticando la restauración forestal en potreros y manejo racional de recursos naturales); intercambios de experiencias, talleres, producción de pastos de corte, prácticas de conservación de pastura (ensilaje), bancos forrajeros, bancos de proteínas, mejoramiento en infraestructura para el manejo del ganado y entrega de maquinaria y equipo de apoyo para las labores productivas (Pronatura sur 2016).

Tamaño de muestra

Esta investigación se realizó con 43 productores (muestra calculada con 90 % de confianza, ecuación de Murray y Larry (2009)), con un total de 890.26 hectáreas, (36.12 % del total del proyecto). Se incluyeron además seis productores que no tuvieron participación en el proceso silvopastoril (como grupo control, 80 hectáreas), estos productores tienen distinto tipo de manejo del sistema entre sí, 50 % de ellos contratan un vaquero para cuidar el ganado debido a que se emplean en otra actividad como ingreso principal, mientras que el otro 50 % se dedica a la ganadería como medio de vida.

Análisis de imágenes satelitales

En las visitas de campo se georeferenciaron los potreros y la distribución de componentes del predio con la finalidad de minimizar la incertidumbre durante la digitalización. La categorización de componentes se basó en los incentivados por el proyecto del SSP (pasto de corte, bancos forrajeros, bancos de proteína y cercos vivos). La información se complementó con los identificados por Pezo *et al.* (2018) (árboles dispersos en potreros, árboles reserva en potrero, pastoreo bajo árboles, árboles ribereños, cercas vivas interiores y perimetrales), y con lo observado en campo (zona agrícola, zona de libre pastoreo a cielo abierto, pasto mejorado de porte alto para libre pastoreo, plantación de árboles, cuerpos de agua (Jagüey, río, lagunas y otros -uso no ganadero-). Para el análisis de imágenes satelitales se usó el repositorio Google Earth (nd) del año 2016. Estas imágenes poseen una alta resolución para trabajar a la escala 1:3000, en la cual se digitalizaron los componentes de los predios. La georreferenciación utilizada fue sistema cartográfico proyectado Universal Transversal de Mercator (UTM) y Datum WGS84. Finalmente, aleatoriamente se tomó una submuestra de 24 polígonos silvopastoriles (12 en Cuenca Alta y 12 de Cuenca Baja) para estimar el cambio de uso de suelo de los predios contrastando la digitalización de

componentes del año 2016 con imágenes SPOT de alta resolución del año 2005.

Servicios ecosistémicos de arreglos espaciales en potreros

Las visitas de campo se llevaron a cabo de marzo a agosto de 2018. En cada parcela se registró las especies de árboles así como su ubicación de acuerdo a los componentes de los arreglos espaciales del potrero previamente identificados. Mediante entrevistas semiestructuradas se identificó el uso que le dan los productores a cada especie arbórea o arbustiva registrada, nombre común de la especie y ubicación en componente del predio; la información obtenida se complementó con una revisión de artículos científicos relacionados al uso de árboles y arbustos en potrero. Los usos del componente arbóreo y arbustivo, se clasificaron de acuerdo al sistema de Clasificación Internacional de Servicios Ecosistémicos (CICES) publicado en 2018 (figura 2).

Posteriormente se elaboró una matriz de valores binarios (Atar, 2010) que categorizó el uso de la especie arbórea-arbustiva (Proporciona el SE=1, No proporciona el servicio=0). Con la suma lineal de los valores de cada especie arbórea se obtuvieron SE por especie y los valores se transformaron a porcentaje. La suma de los SE de las especies de acuerdo a su ubicación, dio como resultado los SE por componentes. Finalmente, de acuerdo con los componentes de cada arreglo de los predios, se estimaron los SE por arreglo de potrero. La estimación de SE se calculó a partir de las ecuaciones 1, 2 y 3.

Ecuación 1

$$SE_e = \frac{\sum SE_u * 100}{SE_t}$$

Dónde: SE_e =Servicios Ecosistémicos por Especie (%), SE_u =Usos por especie por categoría de Servicios Ecosistémicos, SE_t =Suma total de Servicios Ecosistémicos

esperados por todas las especies (es la suma total de las categorías de servicios ecosistémicos por del total de especies de árboles y arbustos)

Ecuación 2

$$SE_c = \sum \frac{ac_c * 100}{SE_t * e_t}$$

Dónde: SE_c =Servicios Ecosistémicos por categoría por componente (%), ac_c =Total árboles y arbustos por categoría de SE por componente, e_t =Total de especies de árboles y arbustos, SE_t =Suma total de Servicios Ecosistémicos esperados por todas las especies

Ecuación 3

$$SE_{ap} = \sum SE(a_x + b_y + c_z \dots)$$

Dónde: SE_{ap} =Servicios Ecosistémicos por arreglo espacial en potrero (%), a_x =SE por componente

Se utilizó el software estadístico GNU PSPP 1.0.1 (2007) para los análisis estadísticos descriptivos, análisis de frecuencias y tablas cruzadas.

Con el programa InfoStat versión 2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020) se realizaron análisis de Kruskal Wallis, con el objetivo de identificar diferencias significativas entre la caracterización de productores y los arreglos espaciales. Este mismo análisis se utilizó para identificar diferencias entre componentes y arreglos espaciales. Se realizó además un análisis de correlaciones de Spearman, para datos no paramétricos con las variables: servicios ecosistémicos de potrero, tipo de arreglos espaciales y frecuencia de presencia de arreglos espaciales considerando como criterio de clasificación tipo de productor (SSP- No SSP) y se utilizó la escala propuesta por Martínez-Ortega, Tuyas-Pendás,

Martínez-Ortega, Pérez-Abreu y Cánovas (2009) para valorar la correlación. Finalmente, se elaboró un mapa de servicios ecosistémicos de predios ganaderos, georreferenciado al sistema cartográfico proyectado Universal Transversal de Mercator (UTM) y Datum WGS84. Este mapa muestra la escala de menor a mayor SE estimados de cada arreglo espacial.

Resultados

Componentes Silvopastoriles

Los resultados (figura 3) resaltan que 97 % de los predios SSP mantienen árboles dispersos en potreros y zonas de pastoreo a cielo abierto; sin embargo, el primero ocupa 5 % de la superficie total (890.26 hectáreas) en comparación con el 38.7 % que presenta el segundo. El cerco vivo perimetral es el tercer componente con mayor frecuencia (76.74 %) el cual ocupa 4.8 % de la superficie. El componente árboles de reserva en potrero es el cuarto con mayor presencia (74.4 %), no obstante, en superficie es el más representativo con 44.25 %.

El contraste entre los grupos SSP y No SSP (tabla 1), no presentó diferencias estadísticas (a excepción de zona agrícola). Pese a lo anterior, se observó que los productores SSP mantienen porcentajes predominantemente más elevados en los componentes agroforestales.

Cambios en el uso de suelo de potreros silvopastoriles

La figura 4 muestra los cambios de uso de suelo de los potreros, algunos resultados a resaltar son que el proyecto silvopastoril disminuyó 2.7 % áreas de pastoreo sin árboles y aumentó la cobertura forestal, esta transformación se presentó como cercos vivos perimetrales, árboles dispersos en potrero e incrementó la zona agrícola, especialmente de maíz (*Zea mays*) y caña dulce (*Saccharum officinarum*) como alimento para ganado;

en contraparte, de acuerdo a las observaciones de las imágenes satelitales de ambos periodos (2005 y 2016), las áreas de reserva de árboles tuvieron una disminución drástica en la densidad de la cobertura arbórea, transformándose en áreas para pastoreo bajo árboles.

Clasificación de especies arbóreas

Se registraron 33 especies de árboles en los 43 potreros visitados, y se identificaron 13 componentes de potrero (figura 5). Las especies que se encontraron con mayor frecuencia son *Enterolobium cyclocarpum* con 66.67 %, *Quercus conspersa*, *Cedrela odorata*, *Ficus bomplandiana* con 41.66 % en todos los casos, mientras que *Andira inermis* se tuvo una frecuencia de 25 % de los componentes. De acuerdo al uso 36 % de las especies de árboles y arbustos se reconocen como maderables, 30 % son establecidas por su potencial de alimento para el ganado y 6 % se consideran remanente de vegetación primaria que fueron dejados en los potreros por su contribución al paisaje. El resto de las especies registradas, los productores consideran han estado presentes en la región, pero no se reconocieron como vegetación primaria. Además, existe una correlación positiva ($p=0.001$) entre los componentes agroforestales y los servicios ecosistémicos percibidos, es decir, que los productores establecen más componentes agroforestales cuando perciben mayores beneficios de los árboles.

Arreglos espaciales de potreros

Se identificaron 28 arreglos espaciales (tabla 2), teniendo mayor diversidad los potreros SSP en comparación con los productores No SSP (valor estadístico $p= 0.0023$); en contraste con los servicios ecosistémicos proporcionados por los arreglos, no hay diferencias significativas. Los resultados mostraron cuatro arreglos (3, 4, 15 y 17) que sobresalen por su aporte ecosistémico, no obstante, el arreglo 3 fue el diseño encontrado

con mayor frecuencia en los potreros del grupo SSP. En tanto que, los diseños de los predios No SSP fueron diferentes y con aportes ecosistémicos similares entre sí.

Los arreglos de potrero que incorporan mayor cantidad de componentes agroforestales tienden a proporcionar mayor cantidad de servicios ecosistémicos, estos diseños se encuentran principalmente en potreros de productores SSP.

La figura 5 muestra que no hay un patrón definido en la distribución de los predios con mayor valoración ecosistémica. Sin embargo, potreros ubicados en la zona serrana tienden a una baja valoración ecosistémica aunque son potreros que tienden a conservar mayor cantidad de árboles reserva en potrero.

Discusión

De los componentes identificados en los predios ganaderos, árboles dispersos en potreros y cercos vivos perimetrales e interiores se encontraron con mayor frecuencia, no obstante, la cantidad de especies arbóreas/arbustivas distintas que albergan estos componentes fue de 97 %, 24.2 % y 18.2 % respectivamente. Resalta este resultado porque la práctica de árboles dispersos en potreros no es común en predios con manejo extensivo debido a la falta de relación positiva de costo/beneficio por el mantenimiento que requiere (Ángel-Sánchez, Pimentel-Tapia y Suárez-Salazar, 2017). Por otro lado, el haber sido parte de un proceso de fortalecimiento para el manejo sustentable de potreros, permitió la sensibilización ecológica de los participantes de esta investigación, fomentando la conservación e inclusión de estos componentes (Marinidou, Jiménez-Ferrer, Soto-Pinto, Ferguson, Saldívar-Moreno, 2019).

Lo anterior se sustenta con los resultados de cambio de uso de suelo, donde se establece que el proyecto silvopastoril tuvo efecto positivo en el cambio de zona de pastoreo a cielo abierto árboles dispersos en potreros, cercos vivos perimetrales y zonas agrícolas; en contraparte, las áreas de reserva en potrero sufrieron una pérdida de densidad y se

transformaron en zonas de pastoreo bajo árboles. En este último resultado, si bien hubo una intervención que redujo la densidad de árboles, se mantuvo la cobertura forestal de alta densidad; esto tiene relación con la ubicación del predio, la pendiente del sitio y la cercanía a áreas naturales protegidas (Ojeda-Luna, Eguiguren, Günter, Boiler y Dieter, 2020).

En los potreros la selección de especies arbóreas/arbustivas es un legado de conocimiento empírico con base en la experimentación de generaciones que han permitido la adaptación para la subsistencia (Ríos-García *et al.*, 2015), proveen diversidad de bienes y servicios para los productores y paralelamente, para la vida silvestre; teniendo una mezcla de especies nativas y otras adaptadas a través del tiempo, que a la vez brindan sustentabilidad socioeconómica, ayudan a controlar daños ambientales, en algunos casos también han adquirido resistencia a plagas y enfermedades locales y, contribuyen a la restauración ambiental de los sistemas productivos (Suárez *et al.*, 2012), además, abastecen de frutos comestibles para humanos y animales, productos maderables y no maderables, medicinales, y otros servicios de regulación y mantenimiento (Villamagua-Vergara, 2017; Domingo-Liano, Musálem y Laino, 2017; del Ángel-Pérez *et al.*, 2018; Congo-Yépez *et al.*, 2018).

Las especies encontradas en este estudio coinciden con lo anterior, se vinculan principalmente con provisión de materiales para infraestructura ganadera o servicios de sombra o de paisaje; 84.8 % de las especies de árboles y arbustos brindan servicios de provisión; 75.8 %, para regulación y mantenimiento; y 45.5 %, para servicios culturales. El aporte ecosistémico real que puedan proveer estas especies reside en la densidad de individuos, diversidad de especies y la complejidad estructural en las parcelas (Haggar, Asigbaase, Bonilla, Pico y Quilo, 2015), atributos que brindarán una cuantificación más asertiva de los SE en potreros.

En contraste a lo anterior, los sistemas silvopastoriles se enfoca principalmente al manejo intensivo (Rodríguez, Nahed-Toral, Guevara-Hernández, Alayón-Gamboa y Grande-Cano, 2019) -siguiendo una tendencia capitalista-, a través de brindar una dieta eficiente de proteína, fibra, energía y minerales al ganado (Franceschi-Nicodemo y Porfirio-da-Silvia, 2019), integrando en componentes como bancos forrajeros y bancos de proteínas, especies como *Guazuma ulmifolia* y *Leucaena leucocephala*, reconocidas por su alto contenido de fibra digerible por los animales (Cortez-Egemy, Uribe-Gómez, Cruz-León, Lara-Bueno y Romo-Lozano, 2016). La presencia de estos diseños fue escaso en las predios de estudio, sin embargo, se encontró que 30 % de las especies arbóreas locales tienen potencial como alimento para el ganado.

Es necesario argumentar, que si bien la concepción de servicios ecosistémicos dependen de la integridad ecológica del sitio (García-Flores *et al.*, 2019), en el ámbito productivo, los SE se relacionan con la percepción de los productores respecto al uso de las especies arbóreas. Por tanto, a mayor cantidad de servicios (tangibles o intangibles) percibidos de las especies arbóreas/arbustivas, los productores establecerán más árboles en los predios. Lo anterior dependerá del uso que se le de a las especies arbóreas/arbustivas, la sensibilización ambiental de los individuos y aspectos socioeconómicos (Palma y González, 2018; Marinidou *et al.*, 2019; Ojeda *et al.*, 2020; Palma y Torres, 2020).

La percepción de estos servicios se relaciona con la edad (personas de 60 años perciben más servicios culturales), género y ubicación (Villamagua-Vergara, 2017). Paradójicamente, los estudios relacionados con el uso de árboles en potrero se realizan con adultos jóvenes (Pinto-Ruiz *et al.*, 2010; González-Valdivia, Barba-Macías, Hernández-Dumás y Ochoa-Gaona, 2014) y esta valoración cultural resulta baja, lo que pudiera indicar una posible pérdida de conocimientos sobre el uso de especies locales. Otro factor es que los estudios al respecto tienen énfasis en la identificación de especies

para alimento de ganado (Gómez-Castro, Nahed-Torál, Tewolde, Pinto-Ruiz y López-Martínez, 2006; Jiménez-Ferrer, Velasco-Pérez, Uribe-Gómez y Soto-Pinto, 2008a; Jiménez-Ferrer y Hernández-López, 2008).

Los arreglos espaciales de potrero mostraron que entre los productores SSP el arreglo 3 fue el más frecuente además de proveer SE altos (60 %) esto permite inferir que el proyecto tiende a estandarizar diseños e incorporar especies exóticas, lo que podría ser poco recomendable por el impacto ecológico que esto conlleva. Además se deberá asegurar que esto no contribuya a la estandarización ni devaluación del conocimiento local (Shiva, 2016).

Entre productores SSP y No SSP hubo diferencias estadísticas únicamente en el componente de superficie agrícola y número de componentes en parcela. En este sentido, cabe resaltar que los productores No SSP presentaron mayor diversificación de componentes, lo que se atribuye a una estrategia de subsistencia histórica (Fletes-Ocón, 2009), además de ser un resultado de transformación pasiva (Vaca, Golicher, Cayuela, Hewson y Steiningger, 2012) positiva que permite la restauración de la cobertura forestal y los valores biológicos (Barton-Bray y Klepeis, 2005), aunque esto no implica la restauración de los valores biológicos de la cobertura nativa (Vaca *et al.*, 2012), atribuido a que los productores tienen como ingreso principal otra actividad y la ganadería tiene un manejo mínimo del potrero, concentrándose principalmente en el hato ganadero.

Finalmente, utilizar herramientas de sistema de información geográfica (SIG) como complemento a la planeación territorial y posterior monitoreo es eficiente (Domingo-Liano *et al.*, 2017), permite detectar cambios a escala detallada de bajo costo (Ovalles *et al.*, 2007) asociada a información social, económicos y ambientales (Meza-Aliaga y Díaz-Villalobos, 2014); puede ser útil para la toma de decisiones asertivas (Mas y

Flamenco, 2011). El reto es que la información cartográfica disponible suele presentarse a escala 1:250,000 o 1:50,000 lo que no permite discernir detalladamente el espacio geográfico (Trucíos, Rivera, Delgado, Estrada y Cerano, 2013). Por lo que, la escala 1:3000 usada para los análisis de SIG en esta investigación se considera relevante en el ámbito académico y útil para la toma de decisiones de los programas y proyectos enfocados a la restauración ambiental de los sistemas ganaderos.

Conclusión

Los productores SSP mostraron una tendencia a estandarizar arreglos espaciales de los potreros aunque también se registró en estos predios la mayor diversidad de diseños, sin embargo, se mantuvo baja relación con los SE, en contraste con los productores No SSP. No hay diferencias estadísticas que respalden una superioridad de aportes ecosistémicos o socio-ambientales entre ambos grupos, aunque los SSP mantienen mayor número de prácticas agroforestales en la composición estructural de los potreros, lo que podría contribuir mayor cantidad de servicios ecosistémicos o socio-ambientales no considerados en esta investigación.

La percepción de SE con base en la utilidad de las especies arbóreas/arbustivas es un indicador de toma de decisión de los productores para la conservación de las especies en potrero. Contrario al enfoque técnico de SE promovidos por el panel de expertos internacional que elaboraron el MEA (2005) o CICES (2018); por lo que, las zonas de potrero con mayor reserva de cobertura forestal tiende a ser menos valorada en la vida cotidiana y su conservación depende de factores como la ubicación del potrero, cercanía a un área protegida e incentivos.

De los 28 arreglos espaciales, el número 3 se considera proporciona un equilibrado aporte de SE (60.4 %) y de mayor aceptación por los productores (14 % de frecuencia

en el territorio regional) por lo que se asume puede ser un diseño a promover, sin embargo se sugiere realizar estudios sobre las implicaciones ambientales y técnicas.

El análisis de imágenes satelitales de alta resolución puede ser una metodología de monitoreo territorial de sistemas productivos de bajo costo y eficiente para detectar detalles de cambios en la cobertura de suelo.

Referencias

Amigo, J. (2018). Contribuciones sobre el género *Salix* (Salicaceae) en Chile. *Chloris Chilensis*, Revista Chilena de flora y vegetación, 21(2). URL :// www.chlorischile.cl

Ángel-Sánchez, Y.K.; Pimentel-Tapia, M.E. & Suárez-Salazar, J.C. (2017). Importancia cultural de vegetación arbórea en sistemas ganaderos del municipio de San Vicente del Caguán, Colombia. *Revista Actualidad & Divulgación Científica*, 20(2), 393-401 .

<http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v20n2/v20n2a17.pdf>

Atar, D. (2010). Aportes metodológicos para el estudio de la percepción social de la ciencia y tecnología. Documento de trabajo. Universidad de Belgrado, 251, 48

Barton-Bray, D. & Klepeis, P. (2005). Deforestation, forest transitions, and institutions for sustainability in southeastern Mexico, 1900-2000. *Environmental History*, 11(2), 194-223.

http://www.environmentandsociety.org/sites/default/files/key_docs/barton_bray-klepeis-11-2.pdf

Battaglini, L., Bovolenta, S., Gusmeroli, F., Salvador, S. & Sturaro, E. (2014). Environmental sustainability of alpine livestock farms. *Italian Journal of Animal Science*, 13(2), 431-443. <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3155>

- Bopp, C., Engler, A., Poortvliet, M. & Jara-Rojas, R. (2019). The role of farmers' intrinsic motivation in the effectiveness of policy incentives to promote sustainable agricultural practices. *Journal of Environmental Management*, 244(15), 320-327.
- <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.107>
- Camacho, V.V. & Ruiz, L.A. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Biociencias*, 1(4), 3-15
- <http://revistabiociencias.uan.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/19/17>
- Castillo-Santiago, M.A., Mondragón-Vázquez, E., Domínguez-Vera, R. & García-González, R. (2020). *Monitoreo de bosques y deforestación en Chiapas*. UK Space Agency y ECOMETRICA. Recuperado de <https://sureste.ecosur.ourecosystem.com/interface/>
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2020). *Servicio meteorológico nacional, datos climáticos de Pijijiapan, Chiapas*. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=chis>
- Congo-Yépez, C., Velástegui-Lara, F., Caicedo-Vargas, C., Rodríguez-Iturralde, L., Vera-Zambrano, A. & Montero-Cruz, O. (2018). Árboles dispersos y su efecto en la productividad de los potreros en la Amazonía Ecuatoriana. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 27(1), 64-76
- <http://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.05>
- Cortez-Egremy, J.G., Uribe-Gómez, M., Cruz-León, A., Lara-Bueno, A. & Romo-Lozano, J.L. (2016). Árboles nativos para el diseño de tecnologías silvopastoriles en la Sierra de Huautla, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (16), 3371-3380 .

<https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/editorial/index.php/agricolas/article/view/402/325>

Czúcz, Bálint; A., Ildikó; Potschin-Young, M., Bereczki, K., Kertész, M., Kiss, B., Aszlós, B. & Haines-Young, R. (2018). Where concepts meet the real world: a systematic review of ecosystem service indicators and their classification using CICES. *Ecosystem Services*, 29, 145-157

<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.11.018>

del Ángel-Pérez, A.L., Hernández-Estrada, C.A., Nataren-Velázquez, J., Villagómez-del Ángel, T.E., Villagómez-Cortés, J.A. & Tapia-Naranjo, A.C. (2018). Pago por servicios ecosistémicos en ganadería extensiva como instrumento de desarrollo regional. *Experiencias de Desarrollo Territorial y Sustentable en México*. Primera Edición. Universidad Interserrana del Estado de Puebla y Plaza y Valdés, 83-110 ISBN: 978-607-8624-11-9

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M. & Robledo C.W. (2020). Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Domingo-Laino, L., Musálem, K. & Laino, R. (2017). Perspectivas para un desarrollo sustentable: un estudio de caso de producción ganadera en la región del Chaco Paraguayo. *Población y Desarrollo*, 23(45), 95-106
[https://doi.org/10.18004/pdfce/2076-054x/2017.023\(45\).095-106](https://doi.org/10.18004/pdfce/2076-054x/2017.023(45).095-106)

European Environment Agency [EEA]. (2018). Towards a Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) for Integrated Environmental and Economic Accounting. Recuperado de <https://cices.eu/resources/>

Escobar-Ocampo, M.C. & Ochoa-Gaona, S. (2007). Estructura y composición florística de la vegetación del Parque Educativo Laguna Bélgica, Chiapas, México.

Revista Mexicana de Biodiversidad, 78(2), 391-419

<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmbiodiv/v78n2/v78n2a16.pdf>

Fletes-Ocón, H.B. (2009). La reinención de una vocación regional agroexportadora. El Corredor Costero de Chiapas. *Revista LiminaR, Estudios sociales y humanísticos*, 7(2), 164-183 .

<http://www.scielo.org.mx/pdf/liminar/v7n2/v7n2a11.pdf>

Franceschi-Nicodemo, M. & Porfírio-da-Silva, V. (2019). Bark stripping by cattle in silvopastoral systems. *Agroforest Systems*, 93(16), 305-315
<https://doi.org/10.1007/s10457-018-0185-y>

García-Flores, J., González-Espinosa, M., Linding-Cisneros, R. & Casas, A. (2019). Traditional medicinal knowledge of tropical trees and its value for reforestation of tropical forests. *Botanical Science*, 97(3), 336-354
<https://doi.org/10.17129/botsci.2122>

Gómez-Castro, H., Nahed-Torál, J., Tewolde, A., Pinto-Ruiz, R. & López-Martínez, J. (2006). Áreas con potencial para el establecimiento de árboles forrajeros en el centro de Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 44(2), 219-230
<file:///home/fama/Descargas/art7.pdf>

González-Marín, R.M., Moreno-Cassasola, P., Orellana, R. & Castillo A. (2012). Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, México. *Environment, Development and Sustainability*. 14, 541-555
<https://doi.org/10.1007/s10668-012-9343-y>

González-Valdivia, N., Barba-Macías, E., Hernández-Daumás, S. & Ochoa-Gaona, S. (2014). Avifauna en sistemas silvopastoriles en el Corredor Biológico Mesoamericano, Tabasco, México. *Revista Biología Tropical*, 62(3), 1031-1052. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v62n3/a19v62n3.pdf>

- Google Earth. (s.f., Mayo 2). Google satelital. Recuperado de <https://www.google.com/intl/zh-CN/cn/permissions/geoguidelines/attr-guide.html>
- Haggar, J., Asigbaase, M., Bonilla, G., Pico, J. & Quilo, A. (2015). Tree diversity on sustainably certified and conventional coffee farms in Central America. *Biodiversity and Conservation* 24, 1175-1194 <https://doi.org/10.1007/s10531-014-0851-y>
- Harvey, D. (1968). Pattern, process and scale problem in geographical research. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 45, 71-78 <https://doi.org/10.2307/621393>
- Haines-Young, R. & Potschin, B. (2018). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. Recuperado de <https://cices.eu/>
- Hernández-Xolocotzi, E. (1949). Estudio botánico de las palmas oleaginosas de México. *Botanical Sciences- Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 9, 13-19 [doi.10.17129/botsci.957](https://doi.org/10.17129/botsci.957)
- Herrero-Jáuregui, C., Guariguata, M.R., Cárdenas, D., Vilanova, E., Robles, M., Licona, J.C. & Nalvarte, W. (2013). Assessing the extent of “conflict of use” in multipurpose tropical forest trees: A regional view. *Journal of Environmental Management*, 130(2013), 40-47 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.08.044>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía [INEGI]. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Pijijiapan, Chiapas*. Recuperado de http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/07/07069.pdf

- Jiménez-Ferrer, G., Velasco-Pérez, R., Uribe-Gómez, M. & Soto-Pinto, L. (2008a). Ganadería y conocimiento local de árboles y arbustos forrajeros de la Selva Lacandona, Chiapas, México. *Veterinaria México*, 39(2), 199-213
<https://www.medigraphic.com/pdfs/vetmex/vm-2008/vm082i.pdf>
- Jiménez-Ferrer, G., López-Carmona, M., Nahed-Torál, J., Ochoa-Gaona, S. & de Jong, B. (2008b). Árboles y arbustos forrajeros de la Región Norte-Tzotzil de Chiapas, México. *Veterinaria México*, 39(2), 199-213
<https://www.medigraphic.com/pdfs/vetmex/vm-2008/vm082i.pdf>
- Jiménez-Ferrer, G. & Hernández-López, L. (2008). Diversidad de árboles en sistemas ganaderos de Chiapas. *Ecofronteras*, 32, 16-19,
<https://revistas.ecosur.mx/ecofronteras/index.php/eco/issue/view/123>
- Kebebe, E.G. (2017). Household nutrition and income impacts of using dairy technologies in mixed crop-livestock production systems. *The Australian journal of agricultural and resources economics*, 61(4), 626-644
<https://doi.org/10.1111/1467-8489-12223>
- Kent, R., Odum H.T. & Scatena, F.N. (2000). Eutrophic overgrowth in the self-organization of tropical wetlands illustrated with a study of swine wastes in rainforest plots. *Ecological Engineering*, 16 (2), 255-269.
[https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(00\)00065-3](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(00)00065-3)
- Kraft, C., Jenerr-Siems, K., Siems, K., Solis, P., Gupta, M.P., Bienzle, U. & Eich, E. (2001). Andinermals A-C, antiplasmodial constituents from *Andira inermis*. *Phytochemistry* 58 (5), 769-774. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(01\)00295-3](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(01)00295-3)
- Ku-Vera, J.C., Ramírez-Avilés, L., Jiménez-Ferrer, G., Alayón-Gamboa, J.A. & Ramírez-Cancino, L. (1999). Agroforestería para la producción animal en

- América Latina. En M. D. Sánchez y M. Rosales Méndez, (Eds.), *Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano* (pp. 61-180, 231-257). Roma, Italia : Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, ISBN: 92-5-304257-5
- López-Vigoa O, Sánchez-Santana T, Iglesias-Gómez JM, Lamela-López L, Soca-Pérez M Arece-García J & Milera-Rodríguez M. (2017). Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical. *Pastos y Forrajes*. 40 (2), 83-95
- Marinidou, E., Jiménez-Ferrer, G., Soto-Pinto, L., Ferguson, B.G. & Saldívar-Moreno, A. (2019). Proceso de adopción de árboles en áreas ganaderas: estudio de casos en Chiapas, México. *Sociedad y Ambiente*, 7(18) falta numero o volumen, 201-230 ISSN: 2007-6576. <http://www.scielo.org.mx/pdf/sya/n18/2007-6576-sya-18-201.pdf>
- Martínez-Ortega, R.M., Tuyas-Pendás, L., Martínez-Ortega, M., Pérez-Abreu, A. & Cánovas, A.M. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Ciencias Médicas La Habana*, 8(2), 1-19 <http://scielo.sld.cu/pdf/rhcm/v8n2/rhcm17209.pdf>
- Mas, J. F. & Flamenco Sandoval, A. (2011). Modelación de los cambios de coberturas/uso del suelo en una región tropical de México. *GeoTropico*, 5(1), 1-24. http://www.geotropico.org/NS_5_1_Mas-Flamenco.pdf
- Meza-Aliaga, M. & Díaz-Villalobos, Y. (2014). Efectos de la variabilidad climática sobre las fluctuaciones del nivel de las aguas y actividad ganadera en humedales altoandinos. *Interciencia*, 39(9), 651-658 <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33932147007>

- Millennium Ecosystem Assessment [MEA]. (2005). *Evaluación de los ecosistemas del milenio*. Recuperado de <https://www.millenniumassessment.org/es/About.html>
- Miranda, F. (1998). La vegetación de Chiapas. Tercera edición. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. RedSIC, Consejo Estatal para la cultura y las artes de Chiapas. p. 600 ISBN: 968-5025-01-0
- Montero-Mora, K. & Viales-Hurtado, R. (2015). La teoría del cambio en el paisaje a partir del cambio del uso de la tierra y la cobertura del uso (enfoque LUCC). Su utilidad para la historia ambiental. *Reflexiones*, 94(2), 25-33 ISSN: 1021-1209/2015 <https://www.redalyc.org/pdf/729/72946471002.pdf>
- Murray, S. & Larry, S. (2009). Estadísticas. 4ta Ed., McGraw-Hill/Interamericana Editores, 601 ISBN-13: 978-970-10-6887-8
- Naah, J.B. (2018). Investigating criteria for valuation of forage resources by local agropastoralists in west Africa: using quantitative ethnoecological approach. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 14(1), 1-16 <https://doi.org/10.1186/s13002-018-0261-4>
- Olvera-Fonseca, S. (2004). Evaluation of the bromatological potential of seeds and fruits of *Sabal mexicana* mart. (Arecaceae). *Economic Botany*, 58(4), 536-543 [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2004\)058\[0536:EOTBPO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2004)058[0536:EOTBPO]2.0.CO;2)
- Ojeda-Luna, T., Eguiguren, P., Günter, S., Torres, B. & Dieter, M. (2020). What drives household deforestation decisions? Insights from the Ecuadorian Lowland Rainforests. *Forests*, 11(11), 1-20 <https://doi.org/10.3390/f11111131>
- Orantes-García, C., Pérez-Farrera, M.A., del Carpio-Penagos, C.U. & Tejeda-Cruz, C. (2013). Aprovechamiento del recurso maderable tropical nativo en la comunidad de Emilio Rabasa, Reserva de la Biósfera Selva El Ocote, Chiapas,

México. *Madera y Bosques*, 19(1), 7-21

<http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v19n3/v19n3a2.pdf>

Ovalles, F.A., Rodríguez, M.F., Espinoza, Y., Cortéz, A., Pérez, M.J., Cabrera, E., Gil, J.L. & Obispo, N.E. (2007). Uso de imágenes satelitales de alta resolución para evaluar parcelas experimentales en ensayos silvopastoriles. *Zootecnia Tropical*, 25(4), 269-277. <http://ve.scielo.org/pdf/zt/v25n4/art05.pdf>

Pachón-Ariza, F.A., Bokelmann, W. & Ramírez-Miranda, C.A. (2016). Participatory impact assessment of public policies on rural development in Colombia and México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 13(78), 143-182
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr12-78.piap>

Palma, G.J. & González-Rebeles, I.C. (2018). *Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable*. Universidad de Colima, Colima, México, p. 138
http://ww.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/Recursos-arboreos-y-arbustivos-tropicales_462.pdf

Palma, G.J. & Torres, R.J. (2020). *Recursos arbóreos y arbustivos tropicales II para una ganadería bovina sustentable*. Universidad de Colima, Colima, México, p. 131
http://ww.ucol.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/Recursos-arboreos-II-DIGITAL_495.pdf

Peri, P.L., Dube, F. & Costa-Varela, A. (2016). Opportunities and challenges for silvopastoral systems in the subtropical and temperate zones of South America. En P. Peri, F. Dube & A. Varela (eds.), *Silvopastoral systems in South America, advances in Agroforestry (pp 257-270). vol 11* Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24109-8_11

- Pezo, D., Ríos, N., Ibrahim, M. & Gómez, M. (2018). Silvopastoral systems for intensifying cattle production and enhancing forest cover: the case of Costa Rica. Background paper. PROFOR Innovation and Action for Forest https://www.profor.info/sites/profor.info/files/Silvopastoral%20systems_Case%20Study_LEAVES_2018.pdf
- Pinto-Ruiz, R., Hernández, D., Gómez, H., Cobos, M.A., Quiroga, R. & Pezo, D. (2010). Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: usos y características nutricionales. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*, 26(1), 19-31. <http://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v26n1/v26n1a2.pdf>
- Pohjanmies, T., Triviño, M., Le-Tortorec, E., Mazziotta, A., Snäll, T. & Mönkköen, M. (2017). Impacts of forestry on boreal forests: An ecosystem services perspective. *Ambio*, 46(7), 743-755. <https://doi.org/10.1007/s13280-017-0919-5>
- Pronatura Sur. 2016. Mapa interactivo, proyectos Cuenca Coapa. Recuperado de <http://pronatura-sur.org/mapainteractivo/mapa.html>
- PSPP. 1.0.1 versión 3. (2007). *GNU, Free Software Foundation Inc.* Recuperado de <http://fsf.org>
- QGIS Development Team. (2019). *QGIS Geographic Information System, Open Source Geospatial Foundation Project*. Recuperado de <https://qgis.org>
- Ríos-García, C.A., Ramírez-Ramírez, J., Molina-Meza, J.R., Pérez-Pimentel, M.E., López-López, M. & Orantes-García, C. (2015). Árboles y arbustos útiles en una comunidad campesina de Jiquipilas, Chiapas. *Lacandonia*, 9(2), 11-16. https://www.researchgate.net/publication/297928205_Arboles_y_arbustos_util_es_en_una_comunidad_campesina_de_Jiquipilas_Chiapas
- Rodríguez, O.G., Nahed-Torál, J., Guevara-Hernández, F., Alayón-Gamboa, J.A. & Grande-Cano, J.D. (2020). Historia y caracterización técnica y socioeconómica

- de la ganadería bovina en la Costa de Chiapas, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(55), 1-13.
<https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/3058/1433>
- Salgado-Mora, M.G., Ibarra-Núñez, G., Macías-Sámano, J.E. & López-Báez, O. (2007). Diversidad arbórea en cacaotales del soconusco, Chiapas, México. *Interciencia*, 32(11), 763-768 <https://www.redalyc.org/pdf/339/33901107.pdf>
- Seth, M.K. (2004). Trees and their economic importance. *The Botanical Review*. 69(4), 321-376 doi: [10.1663/0006-8101\(2004\)069\[0321:TATEL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0006-8101(2004)069[0321:TATEL]2.0.CO;2)
- Shiva, V. (2006). Monocultures of the mind. Chapter 16. *Creative Management and development* (pp. 199-217). Third edition. SAGE Publications Ltd
- Skutsch, M. & Turnhout, E. (2020). RED+: si las comunidades son la solución, ¿cuál es el problema?. *World Development*, 130(2020), 1-9
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.104942>
- Suárez, A., Williams-Linera, G., Trejo, C., Valdez-Hernández, J.I., Cetina-Alcalá, V.M. & Vibrans, H. (2012). Local knowledge helps select species for forest restoration in a tropical dry forest of central Veracruz, México. *Agroforest System*, 85(1), 35-55 <https://doi.org/10.1007/s10457-011-9437-9>
- Tai-Wing, W., Ling-Hua, Z., Jun, W. & Kwok-Pui, F. (1994). Morin: a wood pigment that protects three types of cells in the cardiovascular system against oxyradical damage. *Biochemical Pharmacology*. 47(6), 1099-1103
[https://doi.org/10.1016/0006-2952\(94\)90424-3](https://doi.org/10.1016/0006-2952(94)90424-3)
- Trucíos, C.R., Rivera, G.M., Delgado, R.G., Estrada, A.J. & Cerano, P.J. (2013). Análisis sobre cambio de uso de suelo en dos escalas de trabajo. *Tierra Latinoamericana* 31(4), 339-346. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v31n4/2395-8030-tl-31-04-00339.pdf>

Vaca, A.R., Golicher, J., Cayuela, L., Hewson, J. & Steiningger, M. (2012). Evidence of incipient forest transition in Southern Mexico. *Plos ONE*, 7(8), 1-15 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042309>

Villamagua-Vergara, G.C. (2017). Percepción social de los servicios ecosistémicos en la microcuenca El Padmi, Ecuador. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 27(2017), 102-114 <https://redibec.org/revista/numeros-anteriores>

Volpato, G. & Godínez, D. (2004). Ethnobotany of pru, a traditional Cuban refreshment. *Economic Botany*, 58(3), 381-395 [https://doi.org/10.1663/0013-0001\(2004\)058\[0381:EOPATC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0013-0001(2004)058[0381:EOPATC]2.0.CO;2)

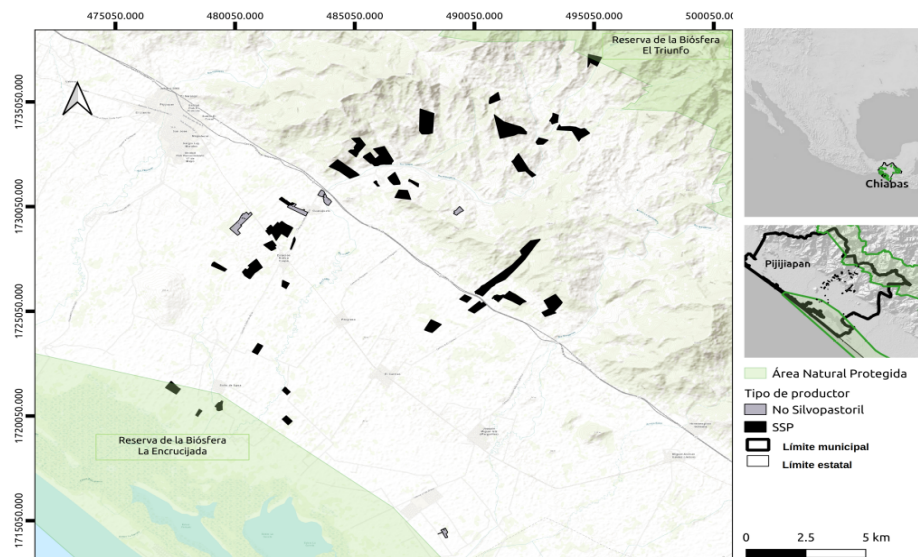


Figura 1. Área de estudio. Distribución de predios ganaderos donde se realizó la investigación

Fuente: elaboración propia

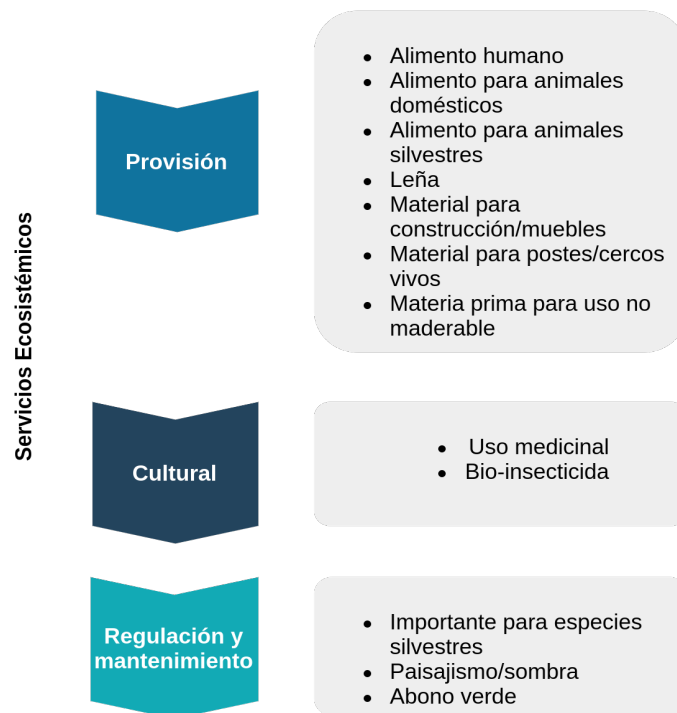


Figura 2. Servicios Ecosistémicos (SE) de los sistemas silvopastoriles de acuerdo al uso de especies de árboles y arbustos, basados en la clasificación de CICES (Czúcz et al. 2018)

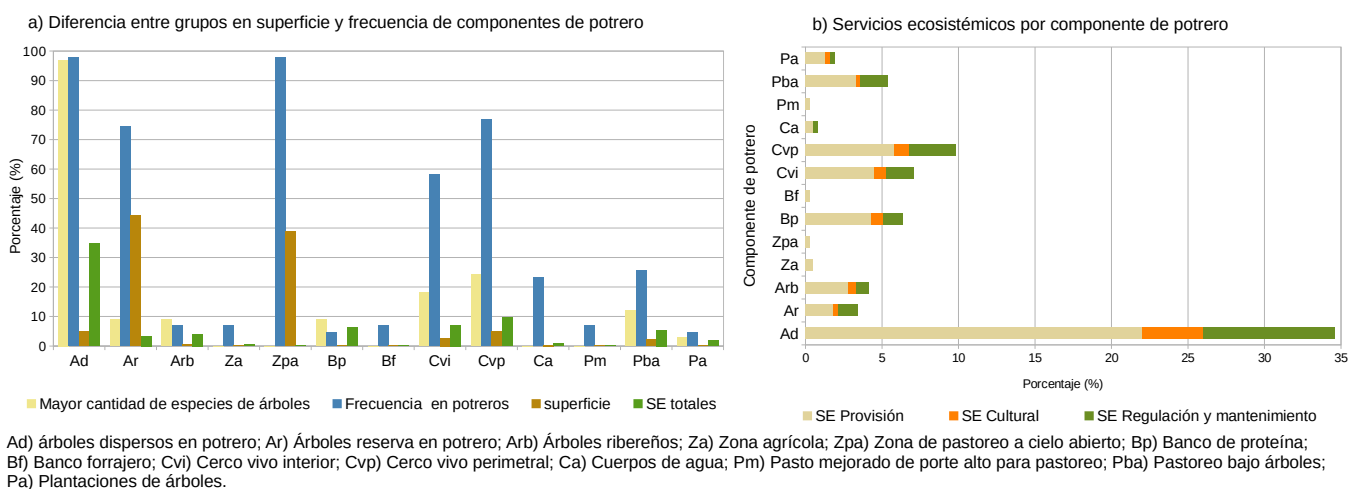


Figura 3. Servicios ecosistémicos que proporcionan las especies de árboles por componente identificado en potrero (presentados en porcentaje); los SE tienen base en 33 especies arbóreas
Fuente: elaboración propia

Tabla 1. Distribución de componentes en parcelas por categoría de productor de trabajo en sistema silvopastoril (presentado en porcentaje %)

Componentes	No SSP	Grupo SSP
Árboles dispersos en potrero	6.45	5.04
Árboles reserva en potrero	10.32	44.25
Árboles ribereños	0.31	0.53

Zona agrícola	2.26	0.30
Zona de pastoreo a cielo abierto	57.22	38.70
Banco de proteína	0.51	0.16
Banco forrajero	0	0.21
Cerco vivo interior	4.04	2.74
Cerco vivo perimetral	15.87	4.84
Cuerpos de agua*	0.97	0.35
Pasto mejorado para pastoreo	0.42	0.19
Pastoreo bajo árboles	1.37	2.31
Plantación de árboles	0	0.23
Otros usos	0.26	0.13
Acumulado de hectáreas por grupo	100	100

*Fuentes de agua naturales y artificiales

Fuente: elaboración propia

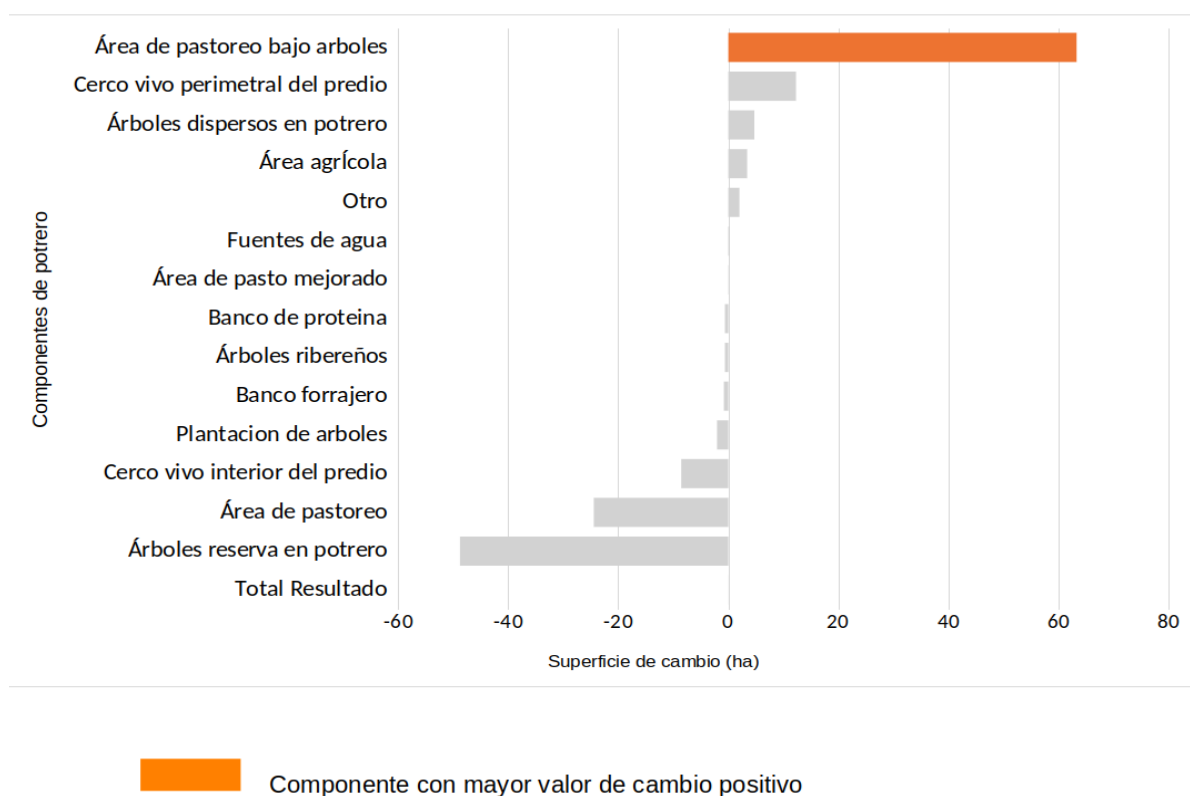
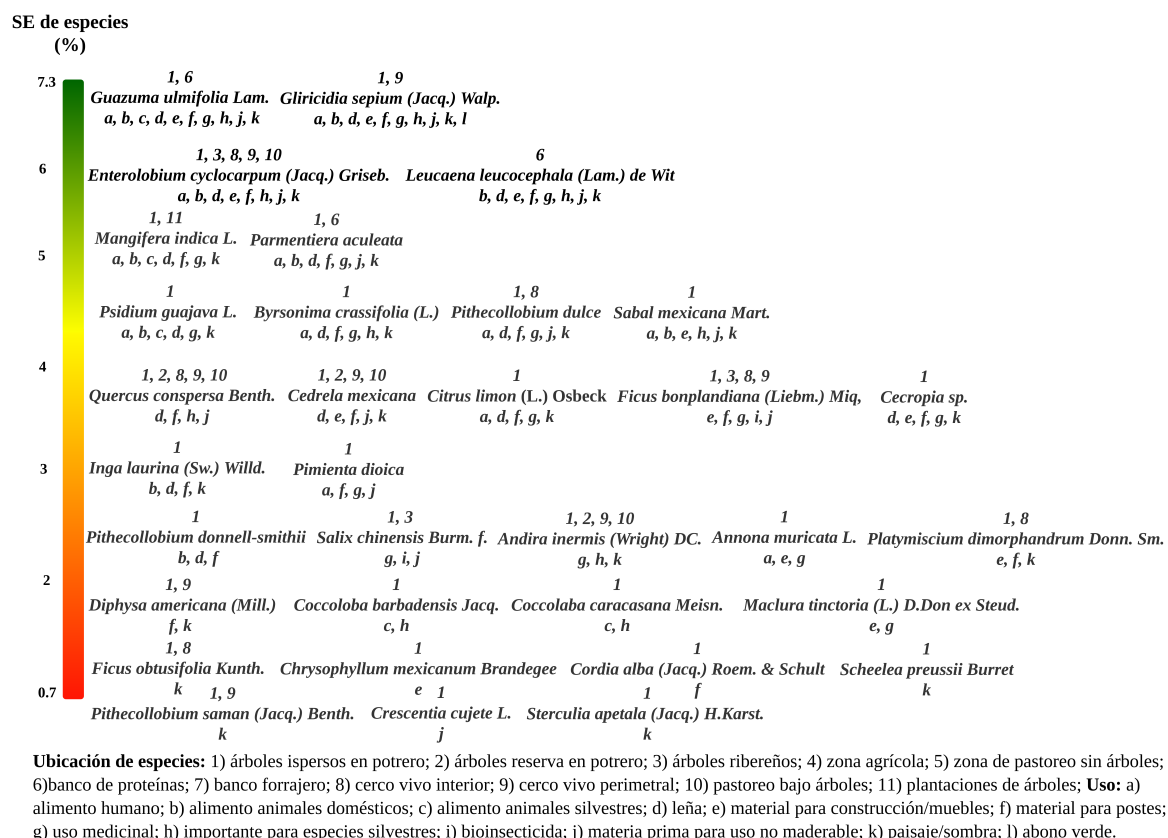


Figura 4. Cambio en el uso de suelo en predios ganaderos de la Cuenca Coapa

Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia con base en Hernández-Xolocotzi 1949; Tai-Wing et al. 1994;; Miranda 1998; Ku-Vera et al. 1999; Kent y Scatena 2000; Kraft et al. 2001; Olvera-Fonseca 2004; Seth 2004; Volpato y Godínez 2004; Gómez-Castro et al. 2006; Escobar-Ocampo y Ochoa-Gaona 2007; Salgado-Mora et al. 2007; Jiménez-Ferrer et al. 2008a; Jiménez-Ferrer et al. 2008b; Pinto-Ruiz et al. 2010; González-Marín et al. 2012; Suárez et al. 2012; Herrero-Jáuregui et al. 2013; Jiménez-Ferrer y Hernández-López 2008; Orantes-García et al. 2013; González-Valdivia et al. 2014; Ríos-García et al. 2015; Amigo 2018

Figura 5. Servicios ecosistémicos presentes por especies de árboles y arbustos identificados por los productores y complementado con revisión bibliográfica (datos presentados en porcentaje y la ubicación respecto a componentes SSP)

Tabla 2. Arreglos espaciales identificados en potreros y su contribución con el suministro de servicios ecosistémicos

Clave de arreglo espacial	Árboles dispersos en potrero	Árboles reserva en potrero	Árboles ribereños	Zona agrícola	Zona de pastoreo a cielo abierto	Banco de proteína	Banco forrajero	Cerco vivo interior	Cerco vivo perimetral	Cuerpos de agua	Pasto mejorado porte alto para ganado	Pastoreo bajo árboles	Plantaciones de árboles	Componentes por arreglo	Porcentaje (%)					Contribución total de SE
															Frecuencia	SE	SE Regulación y mantenimiento	SE Cultural	SE Provisión	
1	x	x		x		x		x						5	2.3	30.1	5.3	12.9		48.2
2	x	x		x					x					4	4.7	29.8	5.3	12.9		48
3	x	x		x			x	x				x		6	14	37.6	6.3	16.4		60.4
4	x	x		x	x	x	x	x	x	x				8	2.3	39.4	6.8	16.2		62.4

5	x	x		x			x	x			5	14	34.3	6.1	14.6	55.1	
6	x	x		x			x	x		x	6	2.3	34.6	6.1	14.6	55.3	
7	x	x		x							3	11. 6	24	4.3	9.8	38.1	
8	x			x			x	x			4	7	32.6	5.8	13.4	51.8	
9	x			x	x		x	x			5	4.7	33.1	5.8	13.4	52.3	
10	x			x				x	x		x	4	2.3	29.8	5.3	12.1	47.2
11	x			x	x	x	x	x			6	2.3	37.1	6.6	14.6	58.3	
12	x			x				x	x		4	2.3	28.5	5.1	11.9	45.5	
13	x	x	x	x				x	x		6	2.3	33.1	5.8	13.9	52.8	
14	x	x		x						x	4	2.3	27.3	4.5	11.6	43.4	
15	x	x		x	x			x	x		x	9	2.3	39.6	6.6	16.7	62.9
16		x								x	2	2.3	5.1	0.5	3	8.6	
17	x	x		x				x	x	x	x	7	2.3	38.1	6.3	16.7	61.1
18	x	x	x	x				x		x	6	2.3	31.8	5.6	12.6	50	
19	x	x		x				x	x	x	6	2.3	34.8	6.1	14.9	55.8	
20	x	x		x					x		4	2.3	24.5	4.3	10.1	38.9	
21	x			x				x	x		x	5	2.3	31.8	5.3	13.6	50.8
22	x	x		x				x		x	5	2.3	30.1	5.3	12.9	48.2	
23	x	x	x	x				x	x	x	7	2.3	37.6	6.6	15.7	59.8	
24	x			x				x			3	4.7	28	5.1	11.6	44.7	
Grupo control																	
9	x			x	x			x	x		5		33.1	5.8	13.4	52.3	
25	x			x	x			x	x		x	6		33.3	5.8	13.4	52.5
26	x	x		x				x	x	x	6		34.8	6.1	14.9	55.8	
13	x	x	x	x					x	x	6		33.1	5.8	13.9	52.8	
27	x	x	x	x					x	x	6		37.1	6.6	15.4	59.1	
28	x	x		x	x				x		x	6		30.6	5.3	12.9	48.7
29	21	5	5	29	2	3	15	24	14	4	7	2	Total de componentes				

Fuente: elaboración propia

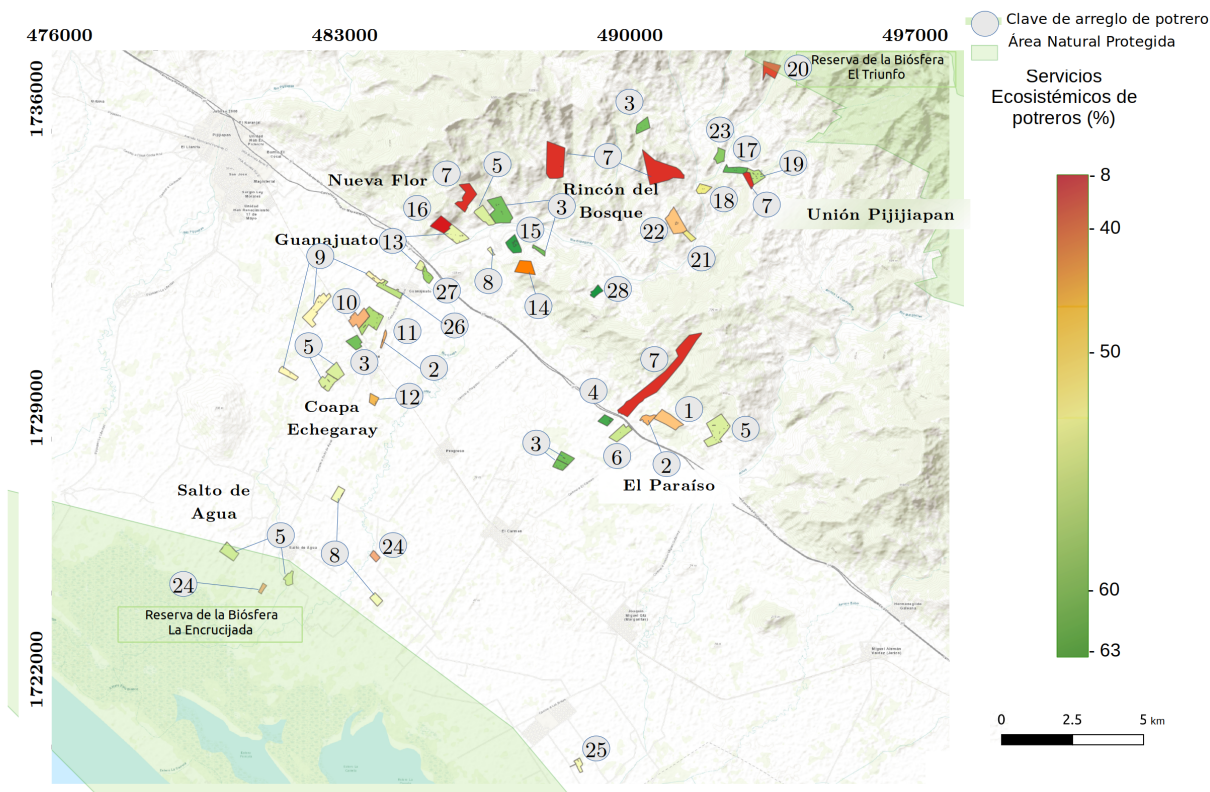


Figura 5. Porcentaje de servicios ecosistémicos de los potreros de acuerdo al uso de las especies arbóreas y arbustivas
Fuente: elaboración propia

Capítulo 4. Conocer para mejorar: factores que influyen en la transición hacia sistemas silvopastoriles en la costa de Chiapas

El artículo fue sometido a la revista Tropical and Subtropical Agroecosystems

Autores: Vargas-de la Mora, Alma Liz¹, Castillo-Santiago, Miguel Angel¹, Timothy O. Randhir², Hernández-Moreno, M.C.³, Cach-Pérez, Manuel Jesús⁴, Camacho-Valdéz, Vera⁴

¹ El Colegio de la Frontera Sur

² Department of Environmental Conservation, University of Massachusetts

³ Departamento de Estudios Sociales del Sistema Alimentario, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.

⁴ Conacyt-El Colegio de la Frontera Sur

Estatus: en revisión

**CONOCER PARA MEJORAR: FACTORES QUE INFLUYEN EN LA TRANSICIÓN HACIA
SISTEMAS SILVOPASTORILES EN LA COSTA DE CHIAPAS
KNOW TO IMPROVE: FACTORS THAT INFLUENCE THE TRANSITION TOWARDS
SILVOPASTORAL SYSTEMS IN THE CHIAPAS COAST**

SUMMARY

Technology adoptions are the main challenge to achieve transition toward sustainable livestock production. This research evaluated factors that influence the silvopastoral technology adoption in Chiapas, Mexico. Used an integrative methodology relates variables institutional performance, knowledge, and perception of producers on livestock system and interaction between actors. The above was linked to a physical context with satellite images analysis to identify components adopted in the field.

It was found that the type of producer, the location of the property, and the form of institutional support limit the adoption of herd management and feed production intensification technologies such as protein banks and forage banks. This methodology helped identify the limiting factors for adoption, understand the project process, and identify strategies towards sustainable practices.

Keywords: Silvopastoral livestock, Technological adoption, Sustainable development, Evaluation

RESUMEN

La adopción tecnológica es el principal reto para lograr la transición hacia una ganadería sustentable. En esta investigación se evaluaron los factores que influyen en la adopción de tecnologías silvopastoriles en Chiapas, México; a través de una metodología integrativa que relaciona variables de desempeño institucional, el conocimiento y percepción de los productores sobre el sistema ganadero y la interacción entre diferentes actores. Lo anterior se vinculó a un contexto físico con análisis e interpretación de imágenes satelitales para identificar los componentes adoptados en campo por los productores. Se encontró que la tipología del productor, la ubicación del predio y la forma de acompañamiento institucional son los principales factores que limitan la adopción de nuevas tecnologías de intensificación de manejo del hato y producción de alimento como bancos de proteínas y bancos forrajeros. La información generada en esta investigación podría ser útil para diseñar estrategias que apoyen la transición hacia prácticas más sustentables en la región de estudio.

Palabras clave: Ganadería silvopastoril, Adopción tecnológica, Desarrollo sostenible, Evaluación

INTRODUCCIÓN

En México, 58 % del territorio orientado a la producción ganadera es de manejo extensivo (Hernández-Medrano y Corona, 2018), el cual tiene efectos ambientales importantes como el incremento de deforestación, degradación, contaminación de suelo y agua, así como una alta emisión de gases de efecto invernadero (CEPAL, 2013; Malý et al., 2017). El grado de estos efectos ambientales depende principalmente del tipo de manejo del sistema ganadero, el objetivo de producción y la tipología del productor (Mouri y Aisaki, 2015; Xu et al., 2018). Iniciativas internacionales como la Agenda 2030 para el Desarrollo Sustentable promueven estrategias orientadas a impulsar el equilibrio entre la dimensión ambiental, social y económicas (FAO, 2018); siendo la adopción de nuevas tecnologías uno de los desafíos relevantes en la actividad ganadera (Kebebe, 2017; García-Barrios y González-Espinosa, 2017; Naah, 2018) que involucra factores culturales, intereses institucionales y canales de comunicación eficaces entre los diferentes actores involucrados (García-Barrios y González-Espinosa, 2017)..

Algunas de estas tecnologías se conglomeran en los sistemas silvopastoriles (SSP) o agrosilvopastoriles (ASSP), que se implementan para crear paisajes con una mayor funcionalidad ecosistémica, disminuyendo así los impactos ambientales al incorporar prácticas como el manejo intensivo de pasturas, rotación de potreros e incorporación de árboles en el potrero (Battaglini et al., 2014). No obstante, estos sistemas tienen una baja adopción por parte de los productores, por lo tanto, el progreso en la restauración ambiental en estos territorios es aún limitado (Pezo et al., 2018).

De acuerdo a Le-Gal et al. (2011), la falta de adopción se atribuye a la escasez de financiamiento para equipamiento, bajo precio de los productos obtenidos de la producción, falta de recursos primarios para el desarrollo de las tecnologías y pobre soporte técnico; Toledo y González (2007) sugieren que también las limitaciones biológicas y físicas del ecosistema pueden ser significativas en el proceso de adopción de este tipo de tecnologías así como en la toma de decisiones en el manejo del sistema productivo. En contraste, Edelman et al. (2014) y

Borras *et al.* (2015) descartan la inequidad en la cadena de valor como factor determinante. Otro elemento a considerar en la baja adopción son los proyectos en sí mismos, los cuales pocas veces toman en cuenta las características locales o no establecen objetivos que recuperen los intereses de los productores (Vargas-de la Mora, 2018), sus conocimientos o experiencias previas para fortalecer los procesos de adopción tecnológica (Browa, 1983; Borras *et al.*, 2015; Naah, 2018).

La evaluación y seguimiento de proyectos en campo está determinado por las capacidades institucionales y el uso que se tenga previsto para la información; son pocas las instituciones que recurren a metodologías científicas para el monitoreo o evaluación de sus procesos (Low y Randhir, 2005). De acuerdo a Parra (2019), las evaluaciones de impacto basadas en la Teoría Fundamentada demuestran cuantitativamente los efectos (parciales) de una política pública o un proyecto. No obstante, esta propuesta demerita el conocimiento tradicional y presumiblemente sobrevalora el conocimiento científico como única alternativa para avalar la funcionalidad de los sistemas (Shiva, 2006). A su vez Parra (2019), propone un enfoque realista con base en el fundamento del entendimiento social para mostrar cualitativamente la huella de las intervenciones, sin duda, fragmentando metodológicamente la evaluación. Estos enfoques son sesgados y reduccionistas, no obstante, la socio-ecología brinda la oportunidad de considerar las interacciones entre lo social y lo natural (Toledo, 2013) abriendo las puertas a nuevas propuestas metodológicas para realizar evaluaciones con mayor integralidad en los procesos.

En concordancia con la teoría socio-ecológica desde la visión de Toledo (2007, 2013), esta investigación asume una realidad compleja, desde donde se propone una metodología integrativa que relaciona variables de desempeño institucional, el conocimiento y percepción de los productores, así como la interacción entre actores locales, vinculándolos a un contexto físico a través del análisis e interpretación de imágenes satelitales. En este sentido, el objetivo de esta investigación fue identificar los factores socio-técnicos que influyeron en la adopción de tecnologías silvopastoriles, así como las limitaciones y oportunidades que afectaron su implementación en la Costa de Chiapas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Antecedentes del proceso silvopastoril en Chiapas

Alrededor del 17 % de la superficie del estado de Chiapas son áreas de bosque y selva con decretos de conservación, que albergan un incalculable reservorio ecológico, biológico y genético distribuido principalmente en nueve Áreas Naturales Protegidas (ANP), las cuales se encuentran en riesgo constante, donde el sector ganadero es señalado como uno de los principales impulsores del cambio de uso del suelo (Vaca *et al.*, 2012), por su manejo extensivo y de baja inversión económica (Vargas-de la Mora, 2018).

En Chiapas se han desarrollado diversas experiencias piloto relacionadas con la implementación de sistemas silvopastoriles como una estrategia para promover conectividad a nivel paisaje y contribuir a resolver problemas de alimentación del ganado a través del establecimiento de bancos de proteínas, cercos vivos y árboles dispersos en potreros, estos proyectos se implementaron en los municipios de Mezcalapa, Tecpatán, Salto de Agua, Reforma, Pichucalco, Marqués de Comillas, Villaflores, Villa Corzo, La Concordia, Arriaga, Tonalá, Pijijiapan y Jiquipilas (Apan- Salcedo, 2020)

En la Región Costa de Chiapas se ubican dos ANP, La Encrucijada y El Triunfo, en las cuales, se desarrolla una importante actividad ganadera (Castro *et al.*, 2016). En el año 2005 el daño provocado por el Huracán Stan evidenció la necesidad de promover la restauración ambiental en el sector ganadero de la región. Diversas instituciones gubernamentales y de la sociedad civil promovieron acciones de restauración ambiental a través de la promoción de sistemas silvopastoriles y agrosilvopastoriles con la implementación de un proyecto llamado "proyecto silvopastoril".

Entre 2005 a 2016 el proyecto tuvo una inversión estimada de \$ 653, 688 dólares y trabajó con 89 productores (2,464.73 hectáreas, que representan el 2.67 % de la superficie de pastizal municipal). No obstante, se observó que menos del 60 % de las prácticas promovidas por el proyecto fueron implementadas en las parcelas de la región; sin embargo, no se indagó acerca de las razones por las que no se tuvo mayor implementación durante el proceso o adopción de las prácticas (Vargas-de la Mora, 2017).

Área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Pijijiapan (superficie 176, 994 hectáreas) ubicado en la Región Costa de Chiapas, México (Figura 1). En este municipio, al noroeste se presentan elevaciones que van de los 380 a 2,500 msnm, que forman parte de la Reserva de la Biósfera

El Triunfo, que para los fines de este estudio se le denominó Cuenca Alta; mientras al suroeste la planicie costera se le nombró Cuenca Baja, la cual, tiene elevaciones que oscilan entre los 0 a 200 msnm, donde se encuentra parte de la Reserva de la Biósfera La Encrucijada. Los rangos de temperatura en la región van de 21.7° C a 33.8° C, con una precipitación promedio mensual de 198 mm (Climate-data.org, 2020; INEGI, 2009; Carabias-Lillo et al., 1999).

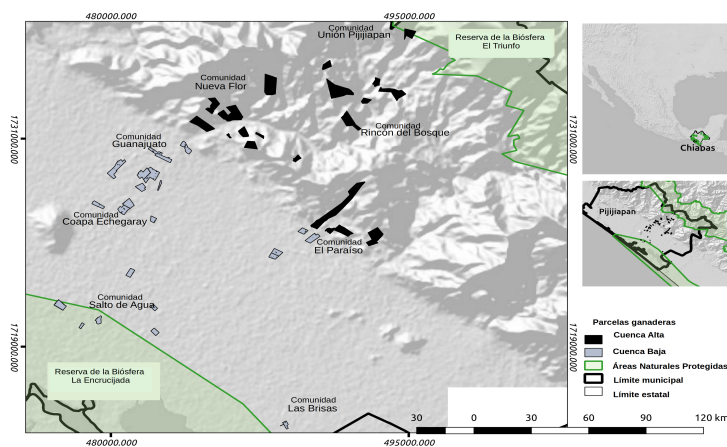


Figura 1. Distribución de predios ganaderos incluidos en el estudio de acuerdo a su ubicación en la Cuenca (Alta y Baja)

Propuesta metodológica

Esta investigación fue de corte transversal con un enfoque cualitativo-cuantitativo desarrollada entre marzo 2018 y agosto 2019. Se llevó a cabo análisis de imágenes satelitales, visitas de campo, entrevistas semiestructuradas y abiertas. Para los análisis estadísticos, se utilizó como criterio de clasificación ubicación del predio en la cuenca.

Se realizaron entrevistas semiestructuradas a 43 productores los cuales poseen en total 890.26 hectáreas, 36.12 % del total del proyecto (muestra calculada al 90 % de confianza con la ecuación de Murray y Larry (2009)). Estas entrevistas se aplicaron con el objetivo de reconstruir las experiencias de los productores durante su participación en el proyecto, reflexionar sobre los aprendizajes, las actividades realizadas y las relaciones al interior del grupo y con el personal institucional (Paredes-Chi y Castillo-Burguete, 2018). Con entrevistas abiertas se identificaron las limitaciones y oportunidades percibidas por los productores así como la funcionalidad de las labores realizadas por el proyecto (González-Puente *et al.*, 2014). La información se contrastó con entrevistas aplicadas a seis productores que no participaron en el proceso silvopastoril, los que formaron un grupo control (80 hectáreas). Los factores que influyeron en la adopción de tecnologías durante el periodo 2005-2016 del proyecto silvopastoril se agruparon en cuatro categorías definidas **1) pertinencia del productor**, entendiendo que existen factores que los productores valoran antes de implementar una nueva tecnología como son los riesgos económicos, de tiempo y esfuerzo que le implicaría el cambio (Le-Gal et al., 2011); **2) pertinencia institucional**, las instituciones implementadoras se abocan al cumplimiento de objetivos cuantitativos como entrega de recursos materiales, equipo y capacitación (Braasch et al., 2018) para llevar a cabo el proyecto, aunque esto no garantice el éxito del proceso. **3) proceso de construcción**, elementos dinámicos como la transmisión de conocimientos, la planeación de actividades, así como interacciones entre los componentes biológicos y ambientales (Le-Gal et al., 2011; Roldán-Suárez, Rendón y Cadena-Iñiguez, 2016; Flores-González et al., 2018) que se presentan durante el proyecto; **4) gobernanza**, donde las relaciones políticas, económicas, sociales entre los involucrados en los proyectos se consideran esenciales para lograr la sostenibilidad en el tiempo (García-Barrios y González-Espinosa, 2017).

Caracterización de productores

Con el objetivo de concatenar los aspectos sociales con las acciones realizadas en campo por los productores, se realizó una tipología estructural (López-Roldán, 1996) cruzando las variables de ubicación del predio (Cuenca Alta y Cuenca Baja) con productores participantes en el proyecto silvopastoril (SSP) y productores no participantes (No SSP). Las variables utilizadas para la definición de los tipos de productor se basaron en las planteadas por Mouri y Asaki (2015) y Xu *et al.* (2018): género, edad, grado de estudios, número de miembros en la familia, tipo de acceso a la propiedad, objetivo de la ganadería, tamaño del hato, leche producida al día, animales vendidos al año, total de superficie del predio y superficie destinada a ganadería. Se utilizó el software INFOSTAT 2018 (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina) para

realizar análisis descriptivos (media, desviación estándar, varianza, error estándar, valores mínimos y máximos y mediana), y un análisis de componentes principales (PCA) de Pearson (2010) para identificar las asociaciones significativas de variables especificadas anteriormente, con respecto a la ubicación del predio.

Análisis de apoyos recibidos e implementados

Los componentes apoyados por el proyecto se agruparon en cuatro categorías de acuerdo a la función que cumplen dentro del sistema ganadero: Tecnologías de riego, manejo, nutrición animal y conservación. Se utilizó un esquema de ponderación binario (valor 1 o 0) que califica cuando el productor recibió o no el insumo, material o equipo (los cuales en esta investigación se denominan “componente”). Se ponderó de igual manera si el productor implementó el componente en campo y finalmente, si el componente estaba presente en campo al momento de esta investigación. Se realizó una suma lineal de los valores (Atar, 2010) y se realizó un análisis de estadísticas descriptiva. Se utilizó la prueba Wilcoxon para muestras no paramétricas con el fin de identificar diferencias significativas ($p>0.05$) en la implementación de componentes entre el grupo SSP de acuerdo a la ubicación de potrero, así como el contraste de productores silvopastoriles (SSP) y los no participantes del proyecto (No SSP).

Análisis de eficiencia de los componentes

En las entrevistas semiestructuradas y abiertas (Geilfus, 2009), los productores respondieron preguntas sobre la funcionalidad del componente y limitaciones percibidas. Las respuestas se transformaron en Sí= 1 y No= 0 y se agruparon en categorías (Tabla 1) identificadas de acuerdo a la percepción de los productores sobre las limitaciones que presentaron por cada componente recibido del proyecto. Para calcular la eficiencia del funcionamiento del componente, se realizó una división del valor obtenido de la percepción de funcionamiento entre el total de implementación del componente. Las respuestas a las preguntas abiertas se agruparon por similitud de discurso y mediante un análisis de frecuencias se obtuvieron valores en porcentaje para cada respuesta. Para relacionar los factores limitantes entre sí se realizó una prueba Wilcoxon de muestras apareadas en el software INFOTAT.

Tabla 1. Categorización de limitantes percibidas por los productores

Ámbito	Categoría	Factores limitantes percibidos
Pertinencia del productor	1	Incremento de trabajo
	1	Seguimiento de actividades
Pertinencia institucional	2	Costo*
	3	Capacitaciones
	3	Situaciones técnicas
	3	Monitoreo técnico de las actividades
	4	Dificultad para encontrar insumos localmente
Proceso de construcción	5	Sequía
	5	Fuego
	5	Lluvia
	5	Inundaciones
	6	Aspectos zootécnicos
	6	Aspectos agrícolas
	7	Maquinaria y equipo no adecuada para el trabajo
	7	Mantenimiento
Gobernanza	1	Ignorancia de los productores sobre la fenología y ciclos reproductivos de plantas y animales

8	Relaciones problemáticas entre los miembros del grupo o con el equipo facilitador del proyecto
8	Trabajadores

1=Responsabilidad del productor; 2 = Económico; 3 = Responsabilidad institucional; 4 = Acceso a insumos; 5 = Climáticas; 6 = Plagas y enfermedades; 7=Maquinaria y equipo; 8 = Organización.

* El proyecto financió la implementación de algunos componentes

Análisis de imágenes satelitales

El análisis con sistemas de información geográfica (SIG) es versátil y útil para cuantificar, mapear y detectar patrones territoriales (Hassan et al., 2016), aunque con limitaciones, principalmente debido a la escala de la información disponible (1:250 000 y 1:50 000), con poco detalle del espacio geográfico para toma de decisiones locales (Toledo y Moguel, 1992; Toledo y González, 2007); por ello, en esta investigación se realizaron visitas de campo para georreferenciar los predios de los productores con el objetivo de identificar los arreglos espaciales de cada uno. Se usaron imágenes satelitales Google (s.f.) del año 2016 para digitalizar los polígonos a una escala 1:3000 metros. La categorización de componentes de los arreglos espaciales se basó en los fomentados por el proyecto SSP (pasto de corte, bancos forrajeros, bancos de proteínas, cercos vivos). Esta información se complementó con los identificados por Pezo et al. (2018): árboles dispersos en potreros, árboles reserva en potrero, pastoreo bajo árboles, árboles ribereños, cercas vivas interiores y perimetrales y con lo observado en campo: zona agrícola, zona de libre pastoreo a cielo abierto, pasto mejorado de porte alto para libre pastoreo, plantación de árboles, cuerpos de agua -Jagüey, río, lagunas- y otros -uso no ganadero, zonas sin vegetación e infraestructura en el terreno-.

Todos los datos obtenidos se transformaron a valores en porcentaje con el fin de estandarizarlos. Se utilizó el software de análisis estadístico INFOSTAT para correr análisis estadísticos descriptivos y de frecuencias.

RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados cuantitativos en simultáneo con algunas expresiones de los productores entrevistados, insertadas en *itálicas*, lo cual pretende visibilizar su percepción y la narrativa del proceso vivido durante el proyecto.

Con las entrevistas abiertas se identificaron componentes que tuvieron financiamiento para la implementación, los cuales consistieron en la entrega de materiales para construcción de una galera de lámina, establecimiento de pasto mejorado zapallo (*Panicum maximum* Jacq.) para pastoreo, semilla de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, para establecer bancos de proteína (inicialmente el proyecto solicitó a los productores que destinaran cinco hectáreas cada uno) y pasto de corte CT-115 ("pasto cubano" *Pennisetum purpureum* cv.) para bancos forrajeros; mientras que otras tecnologías no tuvieron financiamiento para la implementación (Tabla 2). El 87 % de los productores comentaron haber participado en talleres donde se hablaba de arreglos espaciales en potrero como árboles dispersos en potreros, reservas de árboles en potreros, árboles ribereños, cercas vivas interiores en el predio, cercas vivas en el perímetro de la parcela, pastoreo bajo árboles y plantaciones de árboles. El 38.8 % de los productores de Cuenca Baja mencionó que mucho antes de participar en el proyecto, ya practicaban el establecimiento de árboles dispersos en potreros, aunque desconocían el nombre técnico de la tecnología.

En Cuenca Alta se registró 49 % de adopción de componentes (25 % de los componentes financiados y 42 % de componentes que no recibieron financiamiento); enfocándose en producción intensiva de alimentos, protección del ganado estableciendo galeras y conservación de mayor cantidad de cobertura arbórea en sus parcelas. Orientaron sus decisiones en la capacidad de realizar las labores debido a la dificultad de acceso al predio por las altas pendientes de los terrenos, los cuales se caracterizan por tener entre 10-28 % de montaña.

En Cuenca Baja se registró 42 % de adopción (13 % de componentes financiados y 38 % sin financiamiento), enfocado en obtener rendimientos altos, las parcelas que poseen se dedican al 100 % a la actividad ganadera y su superficie se dedica principalmente a zonas de pastoreo a cielo abierto; la cobertura forestal se encuentra en los cercos vivos interiores y perimetrales, así como en los árboles dispersos en potrero.

Los productores SSP de Cuenca Alta registraron mayor adopción de los diferentes componentes con respecto a los de Cuenca Baja ($p=0.0403$ componentes financiados y

p=0.0017 en componentes sin financiamiento). En contraste, el grupo No SSP realiza las mismas prácticas en campo que los productores SSP, pero el rango de adopción es 60-76 % veces menor, con una diferencia significativa de p=0.0006 comparado con los productores participantes en el proyecto.

Tabla 2. Caracterización de tipo de productores de acuerdo a la ubicación del predio en la cuenca (promedios y rangos)

Factores		Cuenca Alta		Cuenca Baja	
Tipo de productor		SSP	No SSP	No SSP	SSP
Edad		34-77*	51	23-60	35-68
Grado educativo		Ninguno - Universidad	Ninguno	Ninguno – Universidad	Primaria – Maestría*
Número de miembros de familia		1-6*	6*	2-10	2-6
Número de animales		32	0	30.4	38
Tipo de acceso a la propiedad		Terracería y sendero*	Sendero*	Terracería y pavimento	Terracería, sendero y pavimento
Objetivo de producción		Leche y doble propósito	Engorda*	Doble propósito y leche	Doble propósito y engorda*
Número de animales		10-120	0	17-80	10-100
Producción de leche por día (litros)		0-140	0	35-100	0-200*
Venta de animales (año)		0-20	0	1-20*	0-100*
Hectáreas totales del predio		5-125*	62	5-33.9	1.7-37
Hectáreas dedicadas a ganadería		4-90	62	5-33.9	1.7-35
Adopción de componentes acorde al análisis satelital (%)	Sin financiamiento	Banco de proteínas	2.04	2.04	2.04
		Banco forrajero	4.08	0	2.04
		Pasto mejorado	6.12	2.04	0
	Con financiamiento	Galera	36.73	4.08	16.33
		Árboles dispersos en potrero	51.02	12.24	34.69
		Árboles reserva en potrero	48.98	8.16	16.33
	Sin financiamiento	Árboles ribereños	6.12	4.08	0
		Cerco vivo interior	26.53	8.16	24.49
		Cerco vivo perimetral	32.65	12.24	34.69
		Pastoreo bajo árboles	16.33	2.04	6.12

* Factores considerados componentes de asociación principal por tipo de productor. En la “Engorda” no se mantiene ganado de manera permanente en las parcelas, los productores No SSP compran becerros para alimentarlos principalmente con pastura comprada (“pacas”), alrededor de cuatro meses y venderlos en un preso promedio de 300 kg.

Las características de los productores muestran que los productores SSP de cuenca Alta tuvieron una mayor adopción de componentes agroforestales. Rescatando comentarios de las visitas de campo con productores de esta zona, el tipo de acceso a los potreros se dificulta por la orografía, alta pendiente así como la distancia para llegar al predio, eso complica el desplazamiento de los animales y los productos derivados de la ganadería pero contribuye a mantener la cobertura forestal natural del predio por la dificultad de movilizar madera o grandes troncos. Si bien existen coincidencias en las características socio-productivas, cada tipología tiene factores determinantes (Tabla 2) para la toma de decisiones respecto al manejo del sistema productivo y se expresan en los componentes adoptados.

Con respecto a la percepción de la funcionalidad de los componentes, 44 % y 16 % de los productores consideraron no eficientes los componentes establecidos en Cuenca Alta y Cuenca Baja, respectivamente. Los componentes percibidos no funcionales en Cuenca Alta fueron los bancos de proteína, el uso de tanques de ferrocemento, la elaboración de bloques nutricionales y el uso de bombeo solar se percibieron con menor del 50 % de funcionalidad. Con esta misma valoración en Cuenca Baja se registraron los bancos de proteínas, el pastoreo bajo árboles maderables y el uso de presas de geocostales. El resto de los componentes tuvo una valoración de funcionalidad mayor al 51 % en ambas cuencas.

De acuerdo a los análisis estadísticos, se encontraron relaciones significativas entre factores limitantes para la adopción (figura 2), los cuales se observaron principalmente en la dificultad del acceso a insumos adecuados para resolver las diversas situaciones técnicas tanto en la producción de alimento como en la implementación de las tecnologías propuestas en el proyecto. Las dificultades se agudizan con la presencia de eventos climatológicos severos y la limitada capacidad de respuesta de los productores, así como de los técnicos acompañantes del proceso, en párrafos subsecuentes se explican a mayor detalle. El análisis de los datos atribuye en gran parte a la responsabilidad institucional las deficiencias del proyecto, principalmente debido a la implementación de modelos no adaptados a la zona, por lo cual, materiales y equipos necesarios no se encontraban al alcance del productor ya sea por costo o porque en la región no se comercializaba en aquel momento. Cabe destacar, que los procesos de organización al interior del grupo de productores y entre productores y personal institucional fue deficiente, esta percepción de los productores se debe a desacuerdos entre ellos, falta de atención y apoyo del personal técnico para resolver problemáticas del manejo cotidiano del sistema, así como la no implementación de recomendaciones por parte de los productores (ver porcentaje de problemáticas en Tabla 3).

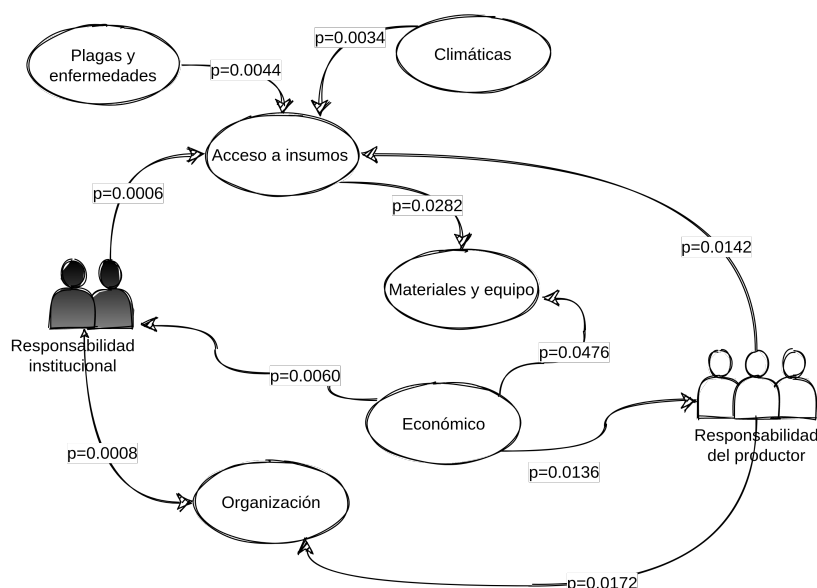


Figura 2. Relaciones significativas entre factores limitantes. Estadístico no paramétrico

Wilcoxon apareada (significancia $p < 0.05$)

En complemento, se presentan las problemáticas específicas de cada componente, las cuales se describen en los siguientes párrafos, considerando su importancia de acuerdo a las veces que los productores entrevistados registraron el problema (presentado en porcentaje).

Conservación: Para las **presas de material vegetativo**, las fuertes lluvias (1,51 %) provocaron rápida degradación de la estructura; el acceso a insumos (0,76 %) fue difícil; no hubo seguimiento técnico (2,27 %) ni por parte del agricultor (0,76 %) después de establecido el componente. Las **presas de geocostal** “no duraron más de un año y tuvieron mucho trabajo”, la fuerza de la escorrentía devastó la presa (1,51 %) y no tuvo seguimiento técnico (1,51 %). Las **presas de piedra** se afectaron solo por las lluvias torrenciales (1,51 %) y el acceso a insumos fue difícil (0,76 %). Las barreras rompe vientos se presentaron como remanente de árboles en el perímetro del predio, su limitación es el conocimiento del productor sobre especies y densidad de plantación (0,76 %). Los cercos vivos interiores y perimetrales también se componen de especies de árboles forrajeros o dendroenergéticas, fueron afectados por incendios (2,27 %), el desconocimiento del manejo de las especies de árboles (0,76 %) y la falta de asesoría técnica (3,79 %).

Nutrición: los **bancos de proteínas, forrajeros y energéticos**, el 5,3 % de los problemas se atribuyen a la inadecuada asistencia técnica y 1,51 % al cuidado del productor. Los **bancos de proteínas** fueron atacados por hormigas (8,3 %) y hubo poca sobrevivencia. En un caso particular de Cuenca Baja, la *Leucaena* se mezcló con pasto zapallo; cuando el ganado entró para alimentarse los arbustos se dañaron. Los productores afirman que “*la leucaena solo vive cuatro años porque las raíces no se desarrollan bien en suelo arenoso*”. Una adaptación que implementaron algunos productores a esta tecnología fue intercalar caulote (*Guazuma ulmifolia* Lam.) con cuajilote (*Parmentiera aculeata* (Kunth) Seem.). El **pastoreo bajo árboles** se limita por la falta de conocimiento técnico sobre densidad de siembra y manejo del cultivo en pendientes pronunciadas (3,79 %) así como la disponibilidad de agua (0,76 %). La percepción de los productores sobre los árboles en potrero es que “*solo crecen los que nacen solos*”; el pastoreo bajo madera a menudo se realiza bajo roble (*Tabebuia pentaphylla* (L.) Hemsl.) Y cedro (*Cedrela odorata* L.). En Cuenca Baja 2,27 % de las personas entrevistadas mencionó que la lluvia o sequía mataron los árboles. Con respecto a la técnica de conservación de forraje conocida como **silo**, el 1,51 % afirma que no se entregaron los materiales y no todos los productores recibieron capacitación; otra limitación fue usar machete para cortar el pasto porque dejaba trozos de pastura que rompió las bolsas para almacenar el forraje y éste se humedeció y se pudrió (3 %). Se considera una práctica que requiere mucho tiempo y trabajo (2,27 %). Sobre los **bloques nutricionales**, los productores olvidaron como elaborarlo (10,6 %) y consideran que faltó asistencia técnica (3,79 %); además faltó organización entre el grupo (0,76 %), “*hubo pereza*” y era alto el costo de los insumos (0,76 %). El **pasto de corte** se relacionó con la falta de conocimiento de la especie y su manejo (responsabilidad técnica 0,76 % y del productor 1,51 %); en Cuenca Baja la presencia de plagas y enfermedades (0,76 %) así como el bajo rendimiento en época de secas (0,76 %) implicó alta inversión (2,27 %) para su manejo.

Manejo: Los **cercos eléctricos** presentaron daños por eventos climáticos (0,76 %), en Cuenca Alta las intensas lluvias provocaron deslizamientos de suelo enterrando los cables y cortaban la energía, mientras en Cuenca Baja las inundaciones. Se considera que se recibió equipo inadecuado (6,8 %), el mantenimiento es caro (0,76 %) y no se atendieron los problemas técnicos (5,3 %) “*la humedad daña las baterías en zonas de montaña*”; inclusive, se reportó el robo de paneles solares, pulsadores y otros componentes del sistema (0,76 %). Antes del proyecto no se realizaba **rotación de potrero**, sin embargo, se considera falta más asesoría (0,76 %). En época de secas se practica el libre pastoreo (1,51 %). En general, las **capacitaciones** se consideran útiles, no obstante, muchas técnicas y tecnologías no se implementan porque requiere mucha atención por parte del productor (0,76 %), no hay seguimiento técnico (0,76 %) y en ocasiones no se accede a los insumos (0,76 %). El **calendario** de manejo es útil, pero se tienen problemas con garrapatas y fiebre en animales (1,51 %).

Tecnologías de riego: En la Cuenca Alta, se implementaron como Ariete y riego por aspersión. No resultaron útiles porque los agricultores no estaban preparados para su uso (1,51 %) y faltó asistencia técnica (1,52 %).

Finalmente, la tabla 3 muestra los factores de influencia cotejado con los años de permanencia de los productores en el proyecto.

Tabla 3. Factores que influenciaron la adopción de tecnologías en sistemas silvopastoriles. La suma de los factores es igual a 100 % por cuenca

Descriptor	Resumen de Productores	Agrupación por años de permanencia en el proyecto				
		0	1	2	3	
Cuenca Alta						
Inversión Total**	\$118,400	\$0	\$20,321	\$78,270	\$19,808	
Factores limitantes percibidos (%)	A	13.69	0	1.05	10.53	2.11
	B	2.11	0	0	2.11	0
	C	34.73	1.05	3.16	27.37	1.05
	D	22.1	0	6.32	9.47	5.26
	E	10.53	0	1.05	8.42	1.05
	F	3.16	0	0	3.16	0
	G	12.64	0	2.11	8.42	2.11
	H	1.05	0	1.05	0	0
Relevancia institucional (%)	36.84	1.05	3.16	29.47	1.05	
Relevancia de productor (%)	16.84	0	4.21	6.32	5.26	
Proceso de construcción (%)	40	0	4.21	30.53	5.26	
Gobernanza (%)	6.31	0	3.16	3.16	0	
Cuenca Baja						
Inversión Total**	\$39,967	\$0	\$10,432	\$11,195	\$18,340	
Factores limitantes percibidos (%)	A	24.05	8.86	08.86	2.53	3.8
	B	7.60	0	1.27	2.53	3.8
	C	15.19	1.27	5.06	6.33	6.33

D	16.45	0	3.8	5.06	7.59
E	17.72	5.06	5.06	1.27	5.06
F	1.27	0	1.27	0	0
G	12.66	0	3.8	1.27	7.59
H	5.06	0	1.27	3.8	0
Relevancia institucional (%)	22.79	1.27	6.33	8.86	10.13
Relevancia de productor (%)	15.19	0	3.8	5.06	6.33
Proceso de construcción (%)	55.7	15.19	18.99	5.06	16.46
Gobernanza (%)	6.33	0	1.27	3.8	1.27

Grupo por años: 0 (grupo control), 1 (1-5 años), 2 (6-10 años), 3 (más de 11 años)

A=Plagas y enfermedades; B= Económicos; C=Responsabilidad institucional; D=Responsabilidad del productor; E=Climáticos; F=Acceso a insumos; G=Maquinaria y equipo; H=Organización

**UnDólar = 19 pesos mexicanos

DISCUSIÓN

Esta investigación mostró que las prácticas de manejo como la rotación de potreros y cercos eléctricos fueron innovaciones para los productores. No obstante, la adopción de las prácticas no sobrepasó 49 % en Cuenca Alta y 42 % en Cuenca Baja. Esta evaluación mostró que el proyecto SSP promovió la adopción de diseños espaciales para aumentar la cobertura forestal de manera significativa en comparación con los productores No SSP ($p=0.0006$). Aunque el resultado es positivo, no es proporcional tomando en cuenta el tiempo de intervención y la inversión económica. Sin embargo, la adopción de prácticas sin financiamiento fue mayor ($p=0.017$), lo que se relaciona con que los productores realizaban prácticas de cercas vivas perimetrales y el mantenimiento de árboles para alimento del ganado desde los años 70's (Marinidou et al., 2019). Lo anterior no tiene relación con la alta implementación de árboles dispersos en potrero (87 % de los productores) que, según Ángel-Sánchez (2017), es una práctica poco común debido a la falta de relación beneficio/costo percibida por el productor. Por otro lado, Marinidou et al. (2019) sostiene que la adopción de prácticas que aumentan la cobertura forestal puede ser resultado del desarrollo de una conciencia ecológica promovida por el proceso de capacitaciones brindadas por el proyecto en cuestión. Además, los potreros en Cuenca Alta se ubican en zonas montañosas con alta cobertura forestal, lo que facilitó la adecuación de algunos arreglos espaciales promovidos por el proyecto, en contraste con los potreros de Cuenca Baja, los cuales se caracterizan por tener amplios espacios de pastoreo con mínima cobertura forestal.

Con respecto a los componentes con financiamiento (diferencia entre grupos SSP y No SSP $p=0.0403$), la baja adopción se relaciona con la falta de entendimiento institucional sobre los procesos sociales locales. Los productores acogieron las prácticas que cubrieron las necesidades inmediatas para el manejo del potrero y alimentación del ganado, siempre que éstas no representaran un problema asociado a la dificultad de acceder a insumos de manera local para controlar plagas, enfermedades y efectos ante fenómenos climáticos (inundaciones, incendios, deslaves) en sus parcelas; una inversión económica relativamente alta como lo representa la compra de materiales (refacciones para equipos entregados por la institución) y equipos (paneles solares, picadoras de pasto); así como las dificultades para organizarse entre los mismos productores, con los jornaleros y con la institución.

La intensificación en las prácticas productivas implica mayor conocimiento técnico para el manejo de pasturas, fertilización, riego, especies vegetales, densidades de siembra (Williams et al., 2017) como se evidenció en la sección de resultados, las limitaciones para control de

plagas, enfermedades de ganado y cultivos así como para el establecimiento de los bancos de proteínas y bancos forrajeros fueron el resultado del limitado conocimiento de la fenología y el manejo de las nuevas especies vegetales introducidas. La mayoría de las iniciativas productivas institucionales no comprenden las necesidades de los agricultores y se enfocan principalmente en promoción de beneficios ambientales (Grunwald, 2018); muchas veces funcionando como incentivos condicionantes para la población (Bopp et al., 2019), considerados perversos y poco relacionados con el desarrollo de habilidades o el fortalecimiento profesional del productor (Echavarren, 2010; Bopp et al., 2019). Por otro lado, Rossi-Borges et al. (2019) sostienen que estas circunstancias podrían tener bajo impacto en la adopción si los productores se perciben capaces de realizar las actividades, como fue el caso de Cuenca Alta al mantener la cobertura forestal adaptándola al manejo del sistema ganadero. García-Barrios y González-Espinosa (2017) argumentan que es fundamental identificar y caracterizar a la población objetivo, transmitir el propósito del proyecto y sus implicaciones para minimizar los riesgos e inversión del proyecto; en cuanto al personal técnico, debe tener claridad del objetivo y resultados esperados del proyecto (**pertinencia institucional**). Ejemplos de procesos considerados exitosos se evidencian en las escuelas fundadas para promover procesos de soberanía alimentaria con enfoques agroecológicos (McCune, 2017). Analizando estos resultados, confirmamos que alinear los objetivos del proyecto al tipo de productor, tendrá relación con el grado de implementación de los componentes promovidos; no obstante, los productores establecen prioridades independientes a los proyectos que consideran benéficas para su desarrollo personal o de mejora en su sistema productivo, los cuales favorecerán la adopción e innovación con respecto a las prácticas promovidas por los proyectos (**pertinencia del productor**).

En cuanto a la percepción de los productores sobre la eficiencia de los componentes, esta se vincula a prácticas que presentaron menos factores limitantes y de menor exigencia en tiempo e inversión económica para mantenerlos. Los productores de Cuenca Alta percibieron más factores limitantes asociados a la responsabilidad del productor, plagas y enfermedades y responsabilidad institucional. Las limitaciones se relacionan al difícil acceso a potreros y el tiempo que demanda llegar a ellos caminando, lo que dificulta el manejo de los animales y los productos a comercializar; aunado a ello, el impacto de los fenómenos meteorológicos en zonas de ladera provoca deslaves que impactan en la eficiencia del trabajo del productor; además, el seguimiento en parcela por parte del personal técnico del proyecto era menos frecuente. En contraste, estos productores también percibieron mayor beneficio en las prácticas de manejo del hato y del potrero, así como las relacionadas con la alimentación del ganado. Un resultado importante de resaltar es que los años de permanencia en el proyecto influyen negativamente en el control de los factores limitantes, lo que puede estar relacionado con el desgaste de las relaciones entre los actores del proyecto, así como la falta de solución a las dificultades cotidianas que presentan el manejo de los componentes por la intensificación del sistema productivo.

Peri, Dube y Varella (2016a), Peri et al. (2016b), Flores et al. (2018), coinciden con los resultados obtenidos en esta investigación sobre los factores determinantes para la adopción tecnológica de este estudio principalmente la ubicación del predio, el objetivo de producción, el número de animales, control eficiente de plagas y enfermedades, la calidad en asesoría técnica, el respeto y retroalimentación del conocimiento de los agricultores, la percepción del productor sobre los beneficios de las nuevas tecnologías, relación beneficio-costos de las prácticas de mejoramiento, incentivos (económicos y no económicos). McFarlane et al. (2019) apuntan que las debilidades del acompañamiento institucional se relacionan con la falta de fortalecimiento continuo de las competencias y habilidades del personal técnico, así como la capacidad de éstos para facilitar la transmisión de conocimientos a su público objetivo. Valdez y Avoseh (2011) remarcan que los procesos enseñanza-aprendizaje del extensionismo se basa en un modelo de educación informal que perpetúa de alguna manera la educación tradicional opresiva, que asume un modelo jerárquico de “maestro-alumno”; estos modelos no son funcionales, al ser educación para adultos, debería orientarse a un sistema de aprendizaje más independiente, autosuficiente, orientado a objetivos, motivacional y orientado a la práctica (McFarlane et al., 2019) **-proceso de construcción-**.

El proyecto silvopastoril tuvo serias deficiencias de confianza y corresponsabilidad entre los actores; los cuales causaron que los diferentes factores que aquí se identificaron, tuvieran una influencia negativa en la mayoría de los casos, lo que impactó en la adopción de las tecnologías.

El procesos de transición hacia un manejo sostenible debe ser gradual, con base en principios,

métodos y tecnologías coherentes con las dimensiones económicas, social, ambiental, política, ética y cultural (Pires-Bezerra et al., 2018; Dessart, Barreiro-Hurlé y van Bavel, 2019) de la población objetivo, con claro reconocimiento de los “saberes” de los productores (Higgins et al., 2017), para promover cambios en las relaciones entre los actores y en las formas de trabajar (Gross, Girard y Magda, 2011); esto puede conducir a la innovación y apropiación del conocimiento en un grupo (Valdez y Avoseh, 2018). Existen muchos modelos silvopastoriles que pueden minimizar los efectos ambientales negativos; sin embargo, deben ser coherentes con el contexto local y la visión de soberanía alimentaria, es necesario buscar equilibrio entre productividad y ecosistemas (Villamil, 2017; Cortner et al., 2019; Pezo et al., 2018) - **Gobernanza**-.

Para alcanzar la adopción técnico-tecnológica, primero debe rescatarse el conocimiento local, analizar las tecnologías a proponer adaptación de elementos estratégicos, así como un proceso de comunicación adecuado. Este análisis nos lleva a proponer en la figura 3 una estrategia de intervención orientada a guiar los procesos de adopción, la cual enfatiza la necesidad de crear gobernanza con base en las diferencias de roles entre productores e instituciones.

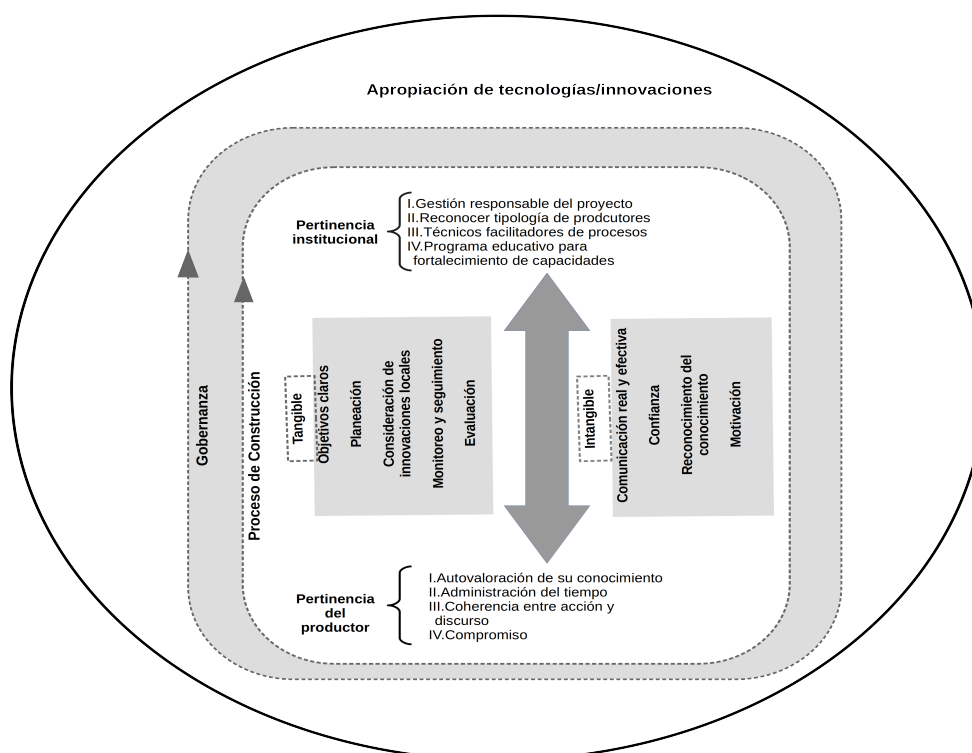


Figura 3. Elementos básicos para promover la apropiación de tecnologías/innovaciones

La solución de los problemas productivos no se encuentra en la estandarización de prácticas productivas, que degradan el conocimiento local y el sistema ecológico (Shiva, 2006). El enfoque socio-ecológico de alguna manera reivindica la concepción de la realidad desde la perspectiva del conocimiento científico, dando crédito a la influencia multifactorial que atañe a las interrelaciones dinámicas que intervienen en la gestión del territorio; esto permite que a través de una evaluación integrativa se puedan identificar los puntos de mejora en los procesos productivos y transitar de un paradigma de Modernización Ecológica basada en sustitución de insumos y replica de modelos (Blanco-Wells y Günter, 2019) hacia una propuesta de Soberanía Alimentaria (Pinto, 2016) orientada a la toma de decisiones consciente (Lambin y Geist, 2007) y participativa aplicada a la búsqueda de soluciones integrales de problemas territoriales.

CONCLUSIONES

La adopción de tecnologías fue limitada por problemáticas que se presentaron durante el establecimiento y mantenimiento de las tecnologías y no se atendieron adecuadamente durante el acompañamiento técnico así como a la influencia de otros factores en la toma de decisiones de los productores.

La baja adopción de tecnologías silvopastoriles es determinada por la toma de decisiones de

los productores, influenciada por las sinergias sociales que pueda construir con los técnicos y con otros productores. Los factores de influencia medulares en la adopción de tecnologías identificados en esta investigación fue el ineficiente control de plagas y enfermedades de los cultivos y del ganado, factores climáticos, no contar con materiales y equipos adecuados y de acceso local, así como el mantenimiento de tecnologías al alcance del presupuesto del productor.

La categorización pertinencia del productor, pertinencia institucional, proceso de construcción y gobernanza, evidenció las diferentes responsabilidades que cumplieron (o no) los actores dentro del proyecto, de igual manera, marca una pauta a seguir para mejorar los procesos de adopción. Es factible decir, que la propuesta de evaluación integrativa fue efectiva en este estudio porque permitió identificar la adopción tecnológica como un proceso dinámico, construido a través de la toma de decisiones de los productores, las instituciones y la interacción entre ambos.

Se recomienda que en futuras investigaciones se realicen evaluaciones integrativas para adopción tecnológica en otros contextos con el objetivo de validar la funcionalidad de esta propuesta metodológica. Así mismo, se sugiere que los procesos de implementación de proyectos de adopción consideren la propuesta estratégica de intervención de este estudio, con el fin de fortalecer los procesos de adopción.

Financiamiento. Se agradece al proyecto Innovación Socio-ambiental GIEZCA por el financiamiento.

Conflicto de interés. No existe conflicto de interés entre quienes somos autores y la revista o alguna otra instancia o institución relacionada con la presente investigación.

Cumplimiento de estándares de ética. Este trabajo cumplió con aspectos de ética mediante el consentimiento libre, previo e informado a las personas participantes de las implicaciones y alcances de la investigación, así como de la protección de datos personales; debido al tipo de investigación no presenta implicaciones de bioética.

Disponibilidad de datos. La información adicional que se requiera, puede solicitarse a través de la primera autora.

REFERENCIAS

- Ángel-Sánchez, Y.K., Pimentel-Tapia, M.E., Suárez-Salazar, J.C. 2017. Importancia cultural de vegetación arbórea en sistemas ganaderos del municipio de San Vicente del Caguán, Colombia. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*, 20(2), 393-401 <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v20n2/v20n2a17.pdf>
- Apan-Salcedo, G.W. 2019. Sistemas Silvopastoriles: Una mirada rápida a los arreglos, masificación y experiencia en Chiapas. *Territorios emergentes*, 18(2020), 107-119 <https://www.idesmac.org/revistas/index.php/diversidad/article/view/37/33>
- Atar, D. 2010. Aportes metodológicos para el estudio de la percepción social de la ciencia y tecnología. Work paper N°251. *Departamento de Investigaciones*. Universidad de Belgrado (48) <http://repositorio.edu.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/607>
- Battaglini, L., Bovolenta, S., Gusmeroli, F., Salvador, S. and Sturaro, E. 2014. Environmental sustainability of alpine livestock farms. *Italian Journal of Animal Science*, 13(2), 3155: 431-443. <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3155>
- Blanco-Wells, G. y Günther, M.G. 2019. De crisis, ecologías y transiciones: reflexiones sobre teoría social latinoamericana frente al cambio ambiental global. *Rev. Colomb. Soc.*, 42(1), 19-40. <https://doi.org/10.15446/rcs.v42n1.73190>
- Braasch, M., García-Barrios, L., Ramírez-Marcial, N., Cortina-Villar, S., Huber-Sannwald, E. y García-Marmolejo, G. 2018. *¿Resinar, pastorear y conservar pinares en una reserva de la biosfera? Exploración socioecológica participativa*. El Colegio de la Frontera Sur (48). ISBN - Obra: 978-607-8429-52-3
- Bopp, C., Engler, A., Poortvliet, M. and Jara-Rojas, R. 2019. The role of farmers' intrinsic motivation in the effectiveness of policy incentives to promote sustainable agricultural practices. *Journal of Environmental Management*, 244, 320-327. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.107>
- Borras, S., Franco, J., Monsalve-Suárez, S. 2015. Land and food sovereignty. *Journal Third World Quarterly. Food sovereignty: convergence and contradictions, condition and challenges*, 36(3), 600-617. <https://doi.org/10.1080/01436597.2015.1029225>
- Browa, H. 1983. The causes, conditions and patterns of appropriate technology: an attempt of explanation and description by means of system-analytical macro-approach. *Systems approach to appropriate technology transfer. Proceedings of the IFAC Symposium, Vienna, Austria (11-20)*

- Carabias-Lillo, J., Provencio, E., De la Maza, J., Jiménez-González, F. 1999. *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada*. 1ra ed. México, DF: Instituto Nacional de Ecología (184), <http://www.paot.mx/centro/ine-semarnat/anp/AN09.pdf>
- Castro, I., González, R., Cruz, E., Reynoso, R. and López, W. 2016. Balance hídrico de la cuenca Pijijiapan en Chiapas, México. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 37(2), 1680-0338. <http://doi.org/10.1016/B978-0-08-029979-2.50008-3>
- CEPAL. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 2013. *Perspectivas de la agricultura y el desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe*. Santiago, Chile (178)
- Climate-data.org. 2020. Datos climáticos de Pijijiapan, Chiapas. <https://es.climate-data.org/américa-del-norte/méxico/chiapas/pijijiapan-1021757/> consultado el 6 de abril de 2020
- Cortner, O., Garrett, R., Valentim, J., Ferreira, J., Niles, M., Reis, J. and Gil, J. 2019. Perceptions of integrated crop-livestock systems for sustainable intensification in the Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, 82, 841-853. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.01.006>
- Dessart, F., Barreiro-Hurlé, J. and van Bavel, R. 2019. Behavioural factors affecting the adoption of sustainable farming practices: a policy-oriented review. *European Review of Agricultural Economics*, 46(3), 417-471. <https://doi.org/10.1093/erae/jbz019>
- Driver, H. E. and Kroeber, A. L. (1932). Quantitative expression of cultural relationships. *University of California Publications in Archeology and Ethnology*. 211-216
- Echavarren, J. (2010). Conceptos para una sociología del paisaje. *Papers Revista de Sociologia*, 95(4), 1107-1128. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/papers/v95n4.61>
- Edelman, M., Wels, T., Baviskar, A., Borrás, S., Holt-Giménez, E., Kandlyotl, D. and Wolford, W. (2014). Introduction: critical perspectives on food sovereignty. *The journal of peasant studies*. *Global agrarian transformation*, 41(6), 911-931. <https://doi.org/10.1080/03066150.2014.963568>
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2018. *Transforming the livestock sector through the sustainable development goals*. Rome (222). Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- Flores-González, A., Jiménez-Ferrer, G., Castillo-Santiago, M., Ruiz de Oña, C. and Covalada, S. 2018. Adoption of sustainable cattle production technologies in the Lacandon rainforest, Chiapas, México. *International Journal Innovations and Research*, 7(2), 2319-1473. <https://sii.ecosur.mx/Content/ProductosActividades/archivos/25124/textocompleto%201.pdf>
- García-Barrios, L. and González-Espinosa, M. 2017. Investigación ecológica participativa como apoyo de procesos de manejo y restauración forestal, agroforestal y silvopastoril en territorios campesinos. Experiencias recientes y retos en la Sierra Madre de Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 88, 129-140. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.10.022>
- Geilfus, F. 2009. *80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación*. San José, Costa Rica: IICA (218)
- Google. s. f. Google satelital. https://www.google.com/intl/zh-CN_cn/permissions/geoguidelines/attr-guide.html Consultado el 2 de Mayo de 2019
- González-Puente, M., Campos, M., McCall, M. and Muñoz-Rojas, J. 2014. Places beyond maps, integrating spatial map analysis and perception studies to unravel landscape change in Mediterranean mountain area (NE Spain). *Applied Geography*, 52, 189-190 <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.05.010>
- Gross, H., Girard, N. and Magda, D. 2011. Analyzing theory and use of management tools for sustainable agri-environmental livestock practices: the case of the pastoral value in the French Pyrenees Mountains. *Journal of Sustainable Agriculture*, 35(5), 550-573. <https://doi.org/10.1080/10440046.2011.579840>
- Grunwald, A. 2018. Diverging pathways to overcoming the environmental crisis: A critique of eco-modernism from a technology assessment perspective. *Journal of Cleaner Production*, 197(2), 1854-1862 (<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.212>)
- Harvey, D. 1996. *Justice, nature and the geography of difference*. Cambridge, Mass: Blackwell publishers (456)
- Hernández-Medrano, J. and Corona, L. 2018. El metano y la ganadería bovina en México: ¿parte de la solución y no del problema?. *Agroproductividad*, 11(2), 46-51.

- <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/117>
- Higgins, V., Bryant, M., Howell, A. and Battersby, J. 2017. Ordering adoption: Materiality, knowledge and farmer engagement with precision agriculture technologies. *Journal of Rural Studies*, 55, 193-202. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.08.011>
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Pijijiapan, Chiapas. 9 http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/07/07069.pdf
- Kebebe, E. G. 2017. Household nutrition and income impacts of using dairy technologies in mixed crop-livestock production systems. *The Australian journal of agricultural and resource economics*, 61(4), 626-644. <https://doi.org/10.1111/1467-8489.12223>
- Lambin, E. y Geist, H. 2007. Causas de la utilización de la tierra y el cambio de la cubierta vegetal. *Enciclopedia de la Tierra*. http://www.eoearth.org/article/Causes_of_land-use_and_land-cover_change
- Le-Gal, P. Y., Dugué, P., Faure, G., Novak, S. 2011. How does research address the design of innovative agricultural production systems at the farm level? A review. *Agricultural systems*, 104, 714-728. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.07.007>
- Liu, T., Bruins, R. and Heberling, M. 2018. Factors influencing farmers' adoption of best management practices: A review and synthesis. *Sustainability*, 10(2), 432. <http://doi.org/10.3390/su10020432>
- López-Roldán, P. 1996. La Construcción de tipologías: metodología de análisis. *Papers Revista de Sociología*, 48, 9-29. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/papers.1811>
- Low, S. y Randhir, T. 2005. Watershed management, structural characteristics, information processing, and cooperative strategies in conservation organizations. *Journal Soil and Water Conservation*, 60(6). 281-287 <https://www.jswnonline.org/content/60/6/281>
- Malý, M., Hálová, P., Havliková, M., Zaková-Kroupová, Z. 2017. Valuation of public goods: the case of emissions from livestock holdings in the Czech Republic. *Agris on-line papers in economics and informatics*, 9(2), 99-111. <http://doi.org/10.7160/aol.2017.090109>
- Marinidou, E., Jiménez-Ferrer, G., Soto-Pinto, L., Ferguson, B. G. y Saldívar-Moreno, A. 2019. Proceso de adopción de árboles en áreas ganaderas: estudio de casos en Chiapas, México. *Sociedad y Ambiente*, (18), 201-230 ISSN: 2007-6576 <http://www.scielo.org.mx/pdf/sya/n18/2007-6576-sya-18-201.pdf>
- McCune, N., Rosset, P., Cruz-Salazar, T., Morales, H. and Saldivar, A. 2017. The long road: rural youth, farming and agroecological formation in Central America. *Mind, Culture and Activity*, 24(3), 183-198 <http://doi.org/10.1080/10749039.2017.1293690>
- McFarlane, O., Wojciechowska, M., Dudzik, K., and Lakomska, O. 2019. Adult education from a psychological perspective. *Journal of Education, Health and Sport*, 9, 386-392. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3408264>
- Mouri, G. and Aisaki, N. 2015. Using land-use management policies to reduce the environmental impacts of livestock farming. *Ecological complexity*, 22, 169-177. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2015.03.003>
- Murray, S. and Larry, S. 2009. *Estadísticas*. 4ta Ed., McGraw-Hill/Interamericana Editores, (601) ISBN-13: 978-970-10-6887-8
- Naah, J. 2018. Investigating criteria for valuation of forage resources by local agropastoralists in west Africa: using quantitative ethnoecological approach. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 14, 62. <https://doi.org/10.1186/s13002-018-0261-4>
- Paredes-Chi, A. and Castillo-Burguete, M. 2018. Caminante no hay (un solo) camino, se hace camino al andar: Investigación Acción Participativa y sus repercusiones en la práctica. *Rev. Colombiana de Sociología*, 41(1), 20, Bogotá <http://dx.doi.org/10.15446/rsc.v41n1.66616>
- Parra, J. D. 2019. El arte del muestreo cualitativo y su importancia para la evaluación y la investigación de políticas públicas: una aproximación realista. *Opera*, 25, 119-136. <https://doi.org/10.18601/16578651.n25.07>
- Pearson, K. 2010. On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *Phil Mag*, 2, 599-572 <https://doi.org/10.1080/14786440109462720>
- Peri, P., Dube, F. and Varella, A. 2016a. *Opportunities and challenges for silvopastoral systems in the subtropical and temperate zones of South America*. In *Silvopastoral Systems in Southern South America*, 257-270. Springer, Cham. ISBN : 978-3-319-24107-4
- Peri, P., Hansen, N., Bahamonde, H., Lencinas, M., Von Müller, A., Ormaechea, S., Gargaglione, V., Soler, R., Tejera, L., Lloyd, C. and Martinez, G. 2016b. *Silvopastoral systems under native forest in Patagonia Argentina*. In *Silvopastoral Systems in*

- Southern South America, Springer, Cham, 117-168 <http://doi.org/10.1007/978-3-319-24109-8>
- Pezo, D., Ríos, N., Muhammad, I. and Gómez, M. 2018. *Silvopastoral Systems for Intensifying Cattle Production and Enhancing Forest Cover: The Case of Costa Rica*. Innovation and Action for Forests (53) https://www.profor.info/sites/profor.info/files/Silvopastoral%20systems_Case%20Study_LEAVES_2018.pdf
- Pinto, L. H. 2016. Soberanía alimentaria, justicia ambiental y resistencia campesina territorial frente a los cambios metabólicos del libre comercio: apuntes teóricos y empíricos desde la experiencia mexicana. Quito, Ecuador. *Razón y Palabra*, 20(94), 527-552 <https://www.redalyc.org/pdf/1995/199547464032.pdf>
- Pires-Bezerra, L., Silveira-Franco, F., Souza-Esquerdo, V. and Borsatto, R. 2018. Participatory construction in agroforestry systems in family farming: ways for the agroecological transition in Brazil. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 43(2), 180-200 <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1509167>
- QGIS Development Team. 2019. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <https://qgis.org>
- Rossi-Borges, J., de Faria-Domingues, C., Ribeiro-Caldara, F., da Rosa, N., Senger, I. and Freire-Guidolin, D. 2019. Identifying the factors impacting on farmers' intention to adopt animal friendly practices. *Preventive veterinary medicine*, 170, 104-118 <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104718>
- Roldán-Suárez, E., Rendón-Mendel, R. y Cadena-Iñiguez, P. 2016. Identificación de módulos demostrativos en estrategias de gestión de la innovación. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 13(2), 179-197 <http://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v13n2/1870-5472-asd-13-02-00179-en.pdf>
- Shiva, V. 2006. Monocultures of the mind. Chapter 16. *Creative Management and development*. Third edition. SAGE Publications Ltd (199-217)
- Toledo, V. y Patricia M. 1992. Ecología, geografía y producción rural: El problema de la conceptualización de la naturaleza. *Relaciones* 12(50), 7- 22
- Toledo, V. 2013. El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica. *En Relaciones*, 136, 41-71 <https://www.colmich.edu.mx/relaciones25/files/revistas/136/pdf/VictorToledo.pdf>
- Toledo, V. y González, M. 2007. *El Metabolismo social: las relaciones entre la sociedad y la naturaleza. El paradigma ecológico en las ciencias sociales*. Barcelona: Icaria Editorial (85-112), ISBN 978-84-7426-756-3
- Vaca, R., Golicher, D., Cayuela, L., Hewson, J. and Steininger, M. 2012. Evidence of incipient forest transition in Southern Mexico. *PLoS ONE*, 7(8), 42309. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042309>
- Valdez, A. and Avoseh, M. 2018. *Liberating education and the challenges of globalization and technology*. 243-252 <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED597542.pdf>
- Vargas-de la Mora, A.L. 2017. Proceso de construcción de ganadería sostenible. Reporte de trabajo. Pronatura Sur A.C. (82)
- Vargas-de la Mora, A.L. 2018. Livestock production in buffering zones in Chiapas, Mexico: analysis of community capitals. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(4), 565-583 <https://doi.org/10.22231/asyd.v15i4.900>
- Villamil, J. 2017. *Silvopastoral System for Sustainable Cattle Production in the Tropics of Mexico*. PhD dissertation, Department of Clinical Sciences, Colorado State University, Fort Collins, Colorado
- Wattiaux, M.A. 2019. *Desafío de la agricultura ganadera frente al cambio climático. Experiencias ganaderas, agrícolas y forestales en la conservación de los recursos naturales* (144) ISBN 978-607-422-993-6
- Williams, D., Alvarado, F., Green, R., Manica, A., Phalan, B. and Balmford, A. 2017. Land-use strategies to balance livestock production, biodiversity conservation and carbon storage in Yucatán, México. *Global Change Biology*, 23(12), 5260-5272 <https://doi.org/10.1111/gcb.13791>
- Xu, X., Ma, Z., Chen, Y., Gu, X., Liu, Q., Wang, Y., Sun, M. and Chang, D. 2018. Circular economy pattern of livestock manure management in Longyou, China. *Journal of material cycles and waste management*, 20, 1050-1062 <https://doi.org/10.1007/s10163-017-0667-4>

Capítulo 5. Consideraciones finales

La hipótesis planteada para esta investigación doctoral, es aceptada: el proyecto contribuyó de manera incipiente a los cambios estructurales de los potreros y la contribución socio-ambiental de los diseños no tuvo diferencias estadísticas comparado con potreros no participantes del proyecto. Por otro lado, las prácticas financiadas por el pSSP tuvieron adopción diferenciada de acuerdo a la ubicación de los predios en la cuenca, donde productores en Cuenca Alta tuvieron 25 % de adopción, mientras Cuenca Baja solo 13 % de productores adoptaron las prácticas. Esto se debió principalmente a que no se atendieron de manera eficiente las limitaciones y problemáticas que se presentaron a lo largo del proceso de implementación y mantenimiento del proyecto.

El proyecto pSSP promovido por Pronatura Sur y CONANP en la costa de Chiapas, fue una iniciativa piloto de cambio de prácticas ganaderas de manejo extensivo hacia prácticas orientadas a la sustentabilidad que se desarrolló en un contexto territorial poco favorable. De acuerdo con Molina-Perez (2016) y Gómez et al. (2019), la región fue manejada históricamente bajo un régimen extractivista, donde se priorizaba el manejo extensivo y la apertura de nuevas áreas productivas, perdiendo continuamente espacios conservados tanto en zonas serranas como costeras, determinantes para las funciones ecológicas del territorio.

El sistema ganadero desarrollado en el territorio es muy diverso, puede ser de engorda, lechera o doble propósito (principalmente), el cual mantiene bajos rendimientos productivos y poca inversión en el manejo. La capacidad de carga en los potreros sobrepasa constantemente la establecida como adecuada (1.8 unidades animales/hectárea) y la comercialización la realizan a pie de parcela o con intermediarios locales (Molina-Pérez 2016; Vargas-de la Mora 2018; Rodríguez et al. 2020). Se observó que alrededor del 70% de la población estudiada trabaja ganadería de pequeña escala con un promedio de 52 animales principalmente de doble propósito con un promedio de 70 litros de leche producida por día y comercialización promedio de 9 animales anuales.

El planteamiento metodológico mixto de esta investigación evidencia elementos significativos para el entendimiento de las razones por las cuales los proyectos en campo pueden ser exitosos o no. Lo anterior se deriva, principalmente, porque la propuesta considera la relación e interacción del ámbito social y el ambiental (Toledo 2013), en contraste con las evaluaciones de impacto que proponen un enfoque netamente cuantitativo, al contabilizar la presencia-ausencia de componentes, lo que conlleva sesgos importantes que invisibilizan a los individuos y su conocimiento (Shiva 2006; Parra 2019).

En este sentido, la evaluación presentada en este documento permitió identificar la importancia de los actores, así como el rol que desempeñaron durante el proceso de implementación del proyecto silvopastoril. Lo anterior se omite con frecuencia durante las evaluaciones de proyectos, enfocándose solo a resultados palpables, naturalizando la omisión de la voz de los involucrados y minimizando los hechos que influyeron durante el proceso. De esta manera, se oculta el importante aporte de los actores involucrados, así como de cada uno de los sucesos, que finalmente contribuyeron para obtener dicho resultado (Ayesterán 2011).

El uso de sistemas de información geográfico (SIG) con imágenes satelitales de alta resolución, permitió identificar a detalle los cambios de uso y cobertura de suelo, así como la estructura de los predios ganaderos. El SIG es una herramienta práctica que complementa la planeación y el monitoreo territorial (Domingo-Liano et al. 2017) a bajo costo (Ovalles et al. 2017) que podría contribuir a que las instituciones gubernamentales y no gubernamentales, mejoren el seguimiento de cambio en los territorios de trabajo (Low y Randhir 2005).

Los resultados mostraron cambios estructurales en los potreros de la región, el aumento de cobertura forestal fue alrededor de 23 ha (que representan 0.89 % del total de hectáreas incluidas en el proyecto silvopastoril), cambios parcos, pero positivos, aunque es de resaltar que no corresponden proporcionalmente al tiempo e inversión económica del proyecto. Algunas causales de estos resultados fueron problemáticas derivadas del manejo cotidiano de los

diferentes componentes agroforestales, así como deficiencias en el acompañamiento técnico.

Estos módicos resultados en el cambio estructural de los potreros son la consecuencia de interacciones sociales, ambientales y económicas de los productores que más allá de valorar el costo/beneficio desde una perspectiva de mercado, son una transformación basada en un verdadero compromiso con mejorar las condiciones de vida (desde la visión del productor) y los sistemas productivos, enfrentando desafíos de múltiples índoles, pero sintiéndose sobrevivientes en el proceso de innovación (CEPAL 2010).

El pSSP influyó de manera positiva en la sensibilización sobre la conservación de cobertura forestal y sus beneficios entre los ganaderos que participaron. Lo anterior resultó en el aumento de árboles dispersos en potreros, cercos vivos y pastoreo bajo árboles. Estos últimos como resultado de una disminución de la densidad de árboles de reserva de los potreros. En este sentido, el cambio de paradigma de los productores con respecto al uso e incorporación de árboles en potreros coincide con lo reportado por Marinidou et al. (2019).

En suma, comprender las dinámicas locales de la toma de decisiones es primordial para lograr una comunicación efectiva con los productores (Lambin y Helmut 2006; Lambin y Geist 2007). Las estrategias de ganadería silvopastoril en la Costa de Chiapas han sido un esfuerzo continuo y sin precedente en la región, que marca la pauta para repensar la manera de promover cambios en la ganadería y reestructurar las estrategias futuras. Como se vio, la restauración de cobertura forestal en potreros es factible si se promueve el uso de los componentes y especies vegetales pertinentes, con base en la percepción de servicios y usos de los árboles y arbustos.

Es necesario enfatizar que los actores externos promueven estrategias para el manejo sustentable de la ganadería. No obstante, los productores son los que toman las decisiones de implementar, replicar y adoptar dichas innovaciones. Por lo que, es necesario fomentar la participación comunitaria para lograr el empoderamiento del proceso (CEPAL 2010).

Si bien es cierto que un factor limitante del proyecto silvopastoril fue que los productores no se involucraron en la toma de decisiones de manera sistemática, los factores que determinaron la adopción o no de los componentes silvopastoriles promovidos se relacionan con la interacción entre técnicos y productores, conocimiento fenológico de las especies vegetales introducidas, ubicación del predio en la cuenca, así como del manejo de plagas y enfermedades en animales y cultivos. Es por ello que la configuración territorial existente es producto de la toma de decisiones del productor con base en la experiencia adquirida durante el proyecto y fortalecida con las dinámicas locales no contextualizadas en esta investigación.

Es necesario evidenciar que los sistemas silvopastoriles enfocados hacia la producción intensiva de alimento, no es la opción más adecuada en el territorio de estudio; principalmente porque es una región con una histórica conducta productiva extractivista de manejo orientado a la deforestación y degradación ambiental, aunado a esto, recibe constantes impactos de fenómenos meteorológicos y eventos extremos por lo que son urgentes acciones de restauración ambiental.

Se aconseja que los proyectos de transición de manejo extensivo hacia uno más sustentable en el sistema ganadero, enfatice componentes efectivos en cuanto a la adaptación de las tecnologías al contexto local, el interés y objetivo de producción, pero a la vez de fácil adopción para los productores. Se recomienda que, en la Costa de Chiapas, se orienten los procesos a la incorporación de sistemas agrosilvopastoriles promoviendo componentes como árboles dispersos en potreros, cercos vivos interiores y perimetrales, así como el pastoreo bajo árboles.

Este estudio es, sin duda, un avance en el proceso de evaluaciones socioecológicas y multidisciplinarias, sin embargo, es necesario profundizar en investigaciones que contribuyan a la desmitificación de modelos silvopastoriles y faciliten la adaptación de los componentes agroforestales al sistema ganadero local, de esta manera incentivar el aumento de la cobertura forestal y

restauración de los sistemas ganaderos en la región sin sacrificar el bienestar de la población local.

Conclusión

Bajo el enfoque de estudio de gobernanza con base en las diferencias que se asumió dentro de este estudio (diferencias territoriales como ubicación del predio en la cuenca, tipos de productores, intereses de producción), se observó que el proyecto no tuvo estas consideraciones por lo que se estandarizaron los apoyos, las formas de interacción y seguimiento del proyecto entre personal institucional y los productores.

La estructura de relaciones sociales entre los productores y personal institucional identificada en esta investigación sugieren que deben realizarse estudios desde un enfoque antropológico o social para comprender con mayor profundidad las acciones adecuadas para mejorar estas interacciones.

El sistema silvopastoril con base en la incorporación de tecnologías agroforestales es una estrategia viable y oportuna para reestructurar el territorio ganadero y subsanar necesidades domésticas, productivas y ambientales.

La metodología propuesta en esta investigación contribuyó a identificar factores estratégicos que limitaron la adopción de tecnologías; además, es una herramienta estratégica para la planificación, monitoreo y evaluación de los sistemas productivos.

Se vislumbran aspectos importantes para futuras investigaciones como son:

- Investigar cuáles podrían ser propuestas eficientes desde un enfoque socio-ecológico de ordenamiento territorial ganadero.
- Analizar desde un enfoque antropológico el contexto social y político de las iniciativas orientadas al manejo sustentable con el objetivo de comprender con mayor profundidad las interacciones de los actores involucrados.

Literatura

- Adger, N.; Brown, K.; Fairbrass, J.; Jordan, A.; Paavola, A. R. y Seyfang, G. 2003. Governance for sustainability: towards a 'thick' analysis of environmental decisionmaking. *Environmental and Planning*, 35:1095-1110
- Albareda MJ, Almendros JA, Ancochea N, Antrás A, Arbós A, Bator JP, Biosca A, Calaf M, Capella J, Cuerda J, Daroguy G, de Cabo I, Durán M, Florit J, Font J, Font M, Fullá J, Garay J, García-Velasco C, Giménez FJ, Goxens A, Gual A, Guisán S, Jordán C, Llach J, García E, Marco M, Muniesa B, Palacio JP, París J, Riera S, Riera Á, Romero J, Rovira MA, Sanahuja JM, Sneesby D, Villalba M. 1997. *Ecología. Enciclopedia Autodidactica Oceano Color*. Editorial OCEANO. España. 5:1218-1480
- Andrade MR. 2011. Alternativas de adaptación al riesgo climático en comunidades ganaderas de la costa de Chiapas, México [Tesis de Maestría]. [Turrialba, Costa Rica]: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. p. 110
- Armitage, D. 2008. Governance and the commons in a multi-level world. *International Journal of the Commons*, 2,(1):7-32
- Apan-Salcedo G. 2019. Sistemas Silvopastoriles: Una mirada rápida a los arreglos, masificación y experiencia en Chiapas. *Territorios emergentes*, 18(2020):107-119
- Arroyo-Rodríguez V, Mandujano S. 2007. Efectos de la fragmentación sobre la composición y la estructura de un bosque tropical lluvioso mexicano. Capítulo 7. Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. INBIO. Costa Rica. p.18
- Ayesterán I. 2011. Epistemología de la innovación social y de la destrucción creativa. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 16(54):67-91
- Battaglini L, Bovolenta S, Gusmeroli F, Salvador S, Sturaro E. 2014. Environmental sustainability of alpine livestock farms. *Italian Journal of Animal Science*, 13:2, 3155, 431-443
- Barrasa S. 2017. De montaña, milpa y cañaveral. Transformaciones percibidas de los paisajes en la Costa de Chiapas. *Investigaciones Geográficas*, 93:95-109 <https://doi.org/10.14350/rig.54775>

- Barton-Bray D, Klepeis P. 2005. Deforestation, forest transitions, and institutions for sustainability in southeastern Mexico, 1900-2000. *Environmental History* 11(2005):195-223
- Bennet AF. 1998. Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation. IUCN, Gland, Suiza y Cambridge, RU, p. 254
- Berg LS. 1913. Ensayo de la división de Siberia y Turkestán en regiones paisajísticas y morfológicas, in D. N. Sbornik v chest. 70 – letia. Sasnae, Moscú, p. 167–180
- Bertrand G, Bertrand C. 2006. Geografía del medio ambiente. El sistema GTP: Geosistema, Territorio y Paisaje. Granada, España: Universidad de Granada.
- Bertrand G, Frolova M. 2006. Geografía y paisaje. En D. Hiernaux-Nicolas (Ed.), Tratado de geografía humana (p. 254-272). España: Anthropos.
- Bonilla-Moheno M, Mitchell AT, Clark LM. 2012. El efecto del cambio poblacional en el uso del suelo en paisajes Rurales de México: un análisis a nivel estatal. *Investigación ambiental*. 4(2):87-100
- Bopp C, Engler A, Poortvliet M, Jara-Rojas R. 2019. The role of farmers' intrinsic motivation in the effectiveness of policy incentives to promote sustainable agricultural practices. *Journal of Environmental Management*, 244: 320-327.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.107>
- Brando MP, Coe TM, DeFries R, Azevedo AA. 2013. Ecology, economy and management of an agroindustrial frontier landscape in the southeast Amazon. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*.
<http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2012.0152>
- Calle Z, Murgueitio E, Chará J. 2012. Integración de las Actividades forestales con la ganadería extensiva sostenible y la restauración del paisaje. *Unasylva* 239, 63:31-40
- [CEPAL] Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 2010. De la innovación social a la política pública: Historias de éxito en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. p. 167

- [CEPAL] Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 2013. Perspectivas de la agricultura y el desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. p. 178
- Cinco-Martínez S. 2017. Modelo de gobernanza para el desarrollo rural en Jalisco: las tecnologías agroforestales como estrategia REDD+. Dirección General de Promoción y Fomento Rural- Secretaría de Desarrollo Rural del estado de Jalisco. Foro-Taller Ganadería sustentable “perspectivas regionales de ganadería sustentable para una visión nacional. Universidad Nacional Autónoma de México. p. 15
- [CONAFOR] Comisión Nacional Forestal. 2017. Estrategia Nacional REDD+ 2017-2030: ENAREDD+. Chihuahua, México. p. 124
<http://www.enaredd.gob.mx/wp-content/uploads/2017/09/Estrategia-Nacional-REDD+-2017-2030.pdf>
- [CONAFOR] Comisión Nacional Forestal. 2016. Programa de inversión de la Región Istmo-Costa en el estado de Chiapas. Chiapas, México. p. 83
- [CONAFOR] Comisión Nacional Forestal. 2010. Una visión de México sobre REDD+ hacia una estrategia nacional. Jalisco, México. p. 57
- Díaz-Gómez AC, Fonseca FF. 2011. Apoyo a la gestión ambiental de Corpochivor a partir de determinantes ambientales basadas en el sistema geosistema, territorio y paisaje, GTP [Tesis Maestría] [Bogotá, Colombia]: Facultad Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana 182 p
- Domingo-Laino L, Musálem K, Laino R. 2017. Perspectivas para un desarrollo sustentable: un estudio de caso de producción ganadera en la región del Chaco Paraguayo. Población y Desarrollo, 23(45):95-106
[https://doi.org/10.18004/pdfce/2076-054x/2017.023\(45\).095-106](https://doi.org/10.18004/pdfce/2076-054x/2017.023(45).095-106)
- Echavarren JM. 2010. Conceptos para una sociología del paisaje. Papers, 95/4:1107-1128
- Escalante-Sandoval C, Amores-Rovelo L. 2014. Trend analysis of hydroclimatic variables of the Coast of Chiapas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 5(1):61-75
- Escobar A. 2014. Sentipensar con la tierra. Nuevas lecturas sobre desarrollo, territorio y diferencia. Ediciones UNAULA. p. 184

- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2001. FRA 2000 Causas y tendencias de la deforestación en América Latina. Estimados de cobertura forestal y tasas de deforestación. [Accessed 2017 september 10] <http://www.fao.org/docrep/007/ad680s/ad680s05.htm>
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2009. Situación de los bosques del mundo. Subdivisión de políticas y apoyo en materia de publicación división electrónica de comunicación. Roma, Italia
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2018. El estado de los bosques del mundo-las vías forestales hacia el desarrollo sostenible. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2019. Gobernanza responsable. Centro de conocimientos sobre agroecología. [access 2019 september 3] http://www.fao.org/agroecology/knowledge/10-elements/land-natural-resources-governance/es/?page=23&ipp=5&tx_dynalist_pi1%5Bpar%5D=YToxOntzOjE6IkwiO3M6MToiNyI7fQ%3D%3D
- Farhad S. 2012. Los sistemas socio-ecológicos. Una aproximación conceptual y metodológica. XIII Jornada de Economía Crítica. Los costes de la crisis y alternativas en construcción. p. 265-280
- Fischer JE, Miller VC. 2012. Una evaluación de los sistemas silvopastoriles como una estrategia integral para la adaptación al cambio climático, la conservación de los recursos naturales y el fortalecimiento De los modos de vida: un estudio de caso de la cuenca del río Coapa, Chiapas, México [Tesis maestría] [San Cristóbal de las Casas, Chiapas]: El Colegio de la Frontera Sur.
- Frolova M. 2006. Desde el concepto de paisaje a la teoría de geosistema en la geografía rusa: ¿hacia una aproximación geográfica global del medio ambiente?. Eria, 70:225-235
- Galván FA, Márquez GA. 2006. Descripción biofísica de la cuenca del río Coapa, Chiapas. Hidrobiología, 16(2):107-120 <http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v16n2/v16n2a1.pdf>

- Gbetibouo GA, Ringler C, Hassan R. 2010. Vulnerability of the South African farming sector to climate change and variability : An indicator approach
Vulnerability of the South African farming sector to climate change and variability : An indicator approach. 34:175–187.
- Giraldo LP, Chará J, Zuñiga MC, Chará-Serna AM, Pedraza G. 2014. Impacto del uso del suelo agropecuario sobre macroinvertebrados acuáticos en pequeñas quebradas de la cuenca del río La Vieja (Valle del Cauca, Colombia). Biol. Trop. 62 (suppl. 2): 203:219
- Gómez-Castro H, Galdámez-Figueroa D, Guevara-Hernández F, Ley de Coss A, Pinto-Ruiz R. 2013. Evaluación de áreas ganaderas en la zona de amortiguamiento de una reserva natural en Chiapas, México. ITEA, 109(1): 69-85
- Gómez OR, Ramos-Santiago E, Romero-Berny E. 2019. Problemas asociados con la rectificación y el cambio de cauce de ríos en los sistemas lagunares de la costa de Chiapas, México. Ciencia Pesquera 27(2):59-67
https://www.researchgate.net/profile/Emilio_I_Romero-Berny/publication
- Gomis-Covos FJ. 2016. Evaluación de respuestas tempranas del hábitat en un diseño de manejo holístico de ganado en la sierra Cacachilas, B.C.S. [Tesis Maestría] [Baja California, México]: Centro de Investigaciones Biológicas del noroeste, S.C. p. 95
- Guevara-Hernández F, Pinto R, Rodríguez LA, Gómez H, Ortiz R, Ibrahim M, Cruz G. 2011. Percepciones locales de la degradación de potreros en una comunidad ganadera de Chiapas, México. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 45(3):311-319
- Glückler J, Rehner J, Handke M. 2019. Gobernanza, redes y territorio. Revista de geografía Norte Grande, 74 <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022019000300005>
- Grunwald A. 2018. Diverging pathways to overcoming the environmental crisis: A critique of eco-modernism from a technology assessment perspective. Journal of Cleaner Production, 197(2):1854-1862
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.212>
- Harvey D. 1996. Justice, nature & the geography of difference. Book. Blackwell publishers, p. 240

- Hernández-Medrano JH, Corona L. 2018. El metano y la ganadería bovina en México: ¿Parte de la solución y no del problema?. *Agroproductividad*, 11(2):46-51 <https://www.researchgate.net/publication/323946441>
- Ibrahim M, Villanueva C, Casasola F, Rojas J. 2006. Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. *Pastos y Forrajes*, 29.(4):383-419
- [INEGI] Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía. 2007. Censo ejidal. [accessed 2019 may 25]. <http://www.3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=17351&s=est>
- [IPCC] Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2019. Summary for Policymakers. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*, 36 https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM_Updated-Jan20.pdf
- Janzen HH. 2011. What place for livestock on a re-greening earth? *Animal Feed Science and Technology*:783-796
- Jiménez G, Soto L, Pérez E, Kú J, Ayala A, Villanueva G, Layon A. 2015. Ganadería y cambio climático: Avances y retos de la mitigación y la adaptación en la frontera sur de México. *Sociedades Rurales, producción y medio ambiente*, 15(30):51-70
- Lambin E, Geist H. 2006. *Uso de suelo y cambio en la cobertura de suelo. Procesos locales e impactos globales*. Springer-Verlag. Berlín, Alemania. 205
- Lambin E, Geist H. 2007. Causas de la utilización de la tierra y el cambio de la cubierta vegetal. *Enciclopedia de la Tierra*. [accessed 2012 august 12] http://www.eoearth.org/article/Causes_of_land-use_and_land-cover_change
- Leyequién E, Boer W, Toledo V. 2010. Bird community composition in a shaded coffee agro-ecological matrix in Puebla, México: The Effects of landscape

- heterogeneity at multiple spatial scales. *BIOTROPICA*, the journal of tropical biology and conservation. 42:236-245
- Low S, Randhir T. 2005. Watershed management, structural characteristics, information processing, and cooperative strategies in conservation organizations. *Journal Soil and Water Conservation*, 60(6):281-287
<https://www.jswnonline.org/content/60/6/281>
- Mahecha L. 2002. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Rev. Col Cienc Pec.* 15(2):226-231
- Manson RH, E.J. Jardel Peláez et al. 2009. Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 131-184
- Marinidou E, Jiménez-Ferrer G, Soto-Pinto L, Ferguson, Bruce G. y Saldívar-Moreno A. 2019. Proceso de adopción de árboles en áreas ganaderas: estudio de casos en Chiapas, México. *Sociedad y Ambiente*, (18):201-230 ISSN: 2007-6576
- Márquez RI, De Jong B, Eastmond A, Ochoa GS, Hernández S, Sandoval LJ. 2008. Programas gubernamentales y respuestas campesinas en el uso del suelo: el caso de la zona oriente de Tabasco, México. *Región y Sociedad* XX (43):97-129.
- McGarigal K, Cushman SA. 2002. Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects. *Ecological Applications*, 12(2):335-345
- McRae BH, Dickson BG, Keitt TH, Shah VB. 2008. Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation. *Ecology*, 89(10):2712-2724
- Molina-Pérez V. 2016. Impacto económico y social del ferrocarril panamericano en la Región de Tonalá en el siglo XX. *Revista Pueblos y Fronteras Digital*, 11(21):67-91.

- Montero-Mora A, Viales-Hurtado R. 2015. La teoría del cambio en el paisaje a partir del cambio del uso de la tierra y la cobertura del uso (Enfoque LUCC). Su utilidad para la historia ambiental. *Rev. Reflexiones* 94(2): 25-33, ISSN: 1021-1209/2015
- Murgueitio ER, Chará J, Barahona R, Cuartas C, Naranjo J. 2014. Intensive silvopastoral systems (ISPS), mitigation and adaptation tool to climate change. *Tropical and Subtropical Agrosystems*, 17:501-507.
- Nahed TJ, Calderón PJ, Aguilar JR, Sánchez-Muñoz B, Ruiz-Rojas JL, Mena Y, Castel JM, Ruiz FA, Jiménez FG, López-Méndez J, Sánchez-Moreno G, Salvatierra IB. 2009. Aproximación de los sistemas agrosilvopastoriles de tres microrregiones de Chiapas, México, al modelo de producción orgánica. *Avances en Investigación Pecuaria*. 13 (1):45-58
- Nelson GC, Bennett E, Berhe AA, Cassman K, DeFries R, Dietz T, Dobermann A, Dobson A, Janetos A, Levy M, Marco D, Nakicenovic N, O'Neill B, Norgaard R, Petschel-Held G, Ojima D, Pingali P, Watson R, Zurek M. 2006. Anthropogenic drivers of ecosystem change: an overview. *Ecology and Society* 11(2):29
- Nicholls CI, Altieri M. 2011. Modelos ecológicos y resilientes de producción agrícola para el Siglo XXI. *Agroecología*:28–37.
- Ocampo CM. 2006. Desarrollando herramientas para la gestión local: Mecanismos de conservación de tierras privadas y sociales en México. Centro Tecnológico Forestal de Catalunya. (20-24 de Noviembre 2006, Solsona).
- [ONU] Organización de las Naciones Unidas. 2018. El enfoque integrado para el desarrollo sostenible y la dimensión ambiental en los informes nacionales voluntarios sobre la implementación de la Agenda 2030 presentados por países de América Latina y el Caribe (2016-2017). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Panamá. 27
- [ONU] Organización de las Naciones Unidas. 2017. Metas de los objetivos de desarrollo sostenible. [accessed 2019 jan 25]. <http://www.onu.org.mx/publicaciones/metas-de-los-ods/>
- [ONU] Organización de las Naciones Unidas. 1987. Nuestro futuro común. Informe de la Comisión Mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo. p. 416

- Ostrom, E. 2010. Beyond Markets and States: Polycentric Governance of Complex Economic Systems. *The American Economic Review*, 100(3):641-672
- Ostrom, E.; Burger, J.; Fiel, C. B.; Norgaard, R. B y Policansky, D. 1999. Revisiting the Commons: Local Lessons, Global Challenges. *Science*, 284(5412):278-282
- Ovalles FA, Rodríguez MF, Espinoza Y, Cortéz A, Pérez MJ, Cabrera E, Gil JL, Obispo NE. 2007. Uso de imágenes satelitales de alta resolución para evaluar parcelas experimentales en ensayos silvopastoriles. *Zootecnia Tropical*, 25(4):269-277
- Parra JD. 2019. El arte del muestreo cualitativo y su importancia para la evaluación y la investigación de políticas públicas: una aproximación realista. *Opera*, 25:119-136. <https://doi.org/10.18601/16578651.n25.07>
- Pronatura Sur. 2016. Mapa interactivo, proyectos Cuenca Coapa. Disponible en <http://pronatura-sur.org/mapainteractivo/mapa.html>
- Qi J, Xin X, Jhon, R, Groisman P, Chen J. 2017. Understanding livestock production and sustainability of grassland ecosystems in the Asian Dryland Belt. *Ecological Processes* 6:22
- Rodríguez OG, Nahed-Toral J, Guevara-Hernández F, Alayón-Gamboa JA, Grande-Cano JD. 2020. Historia y caracterización técnica y socioeconómica de la ganadería bovina en la Costa de Chiapas, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(55): 1-13
- Sada SG, Moreno-Casola P. 2008. El dilema de los recursos naturales. La ganadería en el Trópico de México. *Guaraguo*, 12(29):9-23. <http://www.jstor.org/stable/25596654>
- Sánchez-Zamora P, Gallardo-Cobos R, Ceña-Delgado F. 2016 La noción de resiliencia en el análisis de las dinámicas territoriales rurales: Una aproximación al concepto mediante un enfoque territorial. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 13(77):93-116. <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.cdr13-77.nrad>
- Sepúlveda CJ, Ibrahim M. 2009. Políticas y Sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas. 377. 272.
- [SEMARNAT] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2003. Vegetación y uso de suelo. Capítulo 2. En Informe de la Situación del

medio ambiente en México.

http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/img/cap2.pdf

Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M, De Haan C. 2006. Livestock's long shadow, environmental issue and options. Food and Agriculture Organization of the United Nations. p. 390

[SIAP] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2019. Estadísticas de producción pecuaria. Datos abiertos. http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_p.php

Shiva V. 2006. Monocultures of the mind. Chapter 16. Creative Management and development. Third edition. SAGE Publications Ltd (199-217)

Skutsch M, Turnhout E. 2020. RED+: si las comunidades son la solución, ¿cuál es el problema?. World Development, vol. 130 <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.104942>

Toledo V. 2013. El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica. Relaciones, 136:41-71 <https://www.colmich.edu.mx/relaciones25/files/revistas/136/pdf/VictorTledo.pdf>

Toledo V, González M. 2007. "El Metabolismo social: las relaciones entre la sociedad y la naturaleza". El paradigma ecológico en las ciencias sociales. Barcelona: Icaria Editorial.

Toledo V, Moguel P. 1992. "Ecología, geografía y producción rural: El problema de la conceptualización de la naturaleza". Relaciones 12(50):7- 22

Trujillo VR. 2010. Viabilidad ecológica y social del establecimiento de módulos silvopastoriles en el ejido de los Ángeles zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera la Sepultura, Chiapas, México. [Tesis de maestría]. [Andalucía, España]:Universidad Internacional de Andalucía. p. 87

Urquiza GA, Cadenas, H. 2015. Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica. L'Ordinaire des Amériques [En ligne], 218 <https://journals.openedition.org/orde/1774#quotation>

Vaca AR, Golicher DJ, Cayuela L, Hewson J, Steininger M. 2012. Evidence of incipient forest transition in Southern Mexico. PLoS ONE 7(8):e42309.

Vargas-de la Mora AL. 2014. Evaluación participativa del programa de incentivos ganaderos (PROGAN) en dos subcuencas de la Sierra Madre

- de Chiapas, México. [Tesis Maestría]. [Turrialba, Costa Rica]:Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 102
- Vargas-de la Mora AL. 2018. Livestock production in buffering zones in Chiapas, Mexico: analysis of community capitals. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(4):565-583 <https://doi.org/10.22231/asyd.v15i4.900>
- Vargas-de la Mora AL. 2020. Gobernanza con base en las diferencias: construcción de un territorio sostenible. En: Rivera M. (de) Mesa: Territorio, medio ambiente y economía, Diálogos por el Municipio. Celebrada el 06 de Agosto de 2020 [Modalidad Virtual]
- Villanueva C, Sepúlveda LC, Ibrahim M. 2011. Manejo agroecológico como ruta para lograr la sostenibilidad de fincas con café y ganadería. 1 ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE. v. 387, 243.
- Vitousek PM, Mooney HA, Lubchenco J, Melillo M. 2009. Human domination of earth's ecosystems. *Science, New Series*. 277(5325):494-499 <http://www.jstor.org/stable/2892536>
- Zepeda CR, Velasco ZM, Toral JN, Hernández GA, Martínez TJ. 2016. Adopción de sistemas silvopastoriles y contexto sociocultural de los productores: apoyos y limitantes. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(4):471-488