



Tecnologías agroforestales para una Selva Baja Caducifolia: propuesta metodológica

Agroforest technologies for a tropical dry forest: a methodological proposal

Patricia Ruiz Gracia, Jesús David Gómez Díaz*, Alejandro Ismael Monterroso Rivas y Miguel Uribe Gómez

Abstract

The design and implementation of agroforestry technologies has some problems due to their complexity and the lack of technology packages in Mexico. The aim of this work was to propose a land evaluation methodology, to design appropriate agroforestry technologies in the *ejido* of *Ajuchitlán, Tlaquiltenango, Morelos*. The method consisted in the diagnosis of biophysical and agroforestry aspects to define relatively homogeneous basic units (UP), identify the most representative species and detect the main limitations. Semi-structured interviews were conducted with producers to learn about other limitations, determine their main economic interest and select the preferred tree and shrub species for the design of agroforestry technologies and assess their economic viability. The secondary vegetation of the low deciduous forest in its different densities, climatic and physiographic conditions was the UP that represented the use with the largest area in the region. The limitations detected were: fencing in agricultural and grassland areas, degradation of the soil in the upper part of the study area and reduction of plant diversity in land units with low tree density. The proposed agroforestry technologies were live fences in the agricultural-livestock area, live barriers in the upper part and secondary vegetation enrichment in the unit of land with low tree density. Good silvicultural management of the proposed technologies can increase the economic income of farmers, mainly through the sale of firewood. This research helps to obtain local information about the area.

Key words: Live barriers, biophysical characterization, live fences, secondary vegetation enrichment, forest inventory, land evaluation.

Resumen

El diseño e implementación de tecnologías agroforestales presenta diversos problemas, debido a la complejidad de las mismas y a la falta de paquetes de tecnología en México. El objetivo de este trabajo fue proponer una metodología de evaluación de tierras, para diseñar tecnologías agroforestales en el *ejido* Ajuchitlán, Tlaquiltenango, Morelos. El método consistió en el diagnóstico de los aspectos biofísicos y agroforestales para definir unidades básicas relativamente homogéneas (UP), identificar las especies más representativas y detectar las principales limitantes. Se realizaron entrevistas semiestructuradas a los productores para conocer otras restricciones, determinar su principal interés económico y seleccionar las especies arbóreas y arbustivas preferidas para el diseño de las tecnologías agroforestales, así como evaluar la viabilidad económica de las mismas. La vegetación secundaria de selva baja caducifolia en sus diferentes densidades, condiciones climáticas y fisiográficas fue la unidad del paisaje (UP) que representó el uso con mayor superficie en la región. Las limitantes detectadas fueron: cercado en las zonas agrícolas y de pastizal, degradación del suelo en la parte alta del área de estudio y disminución de la diversidad vegetal en las unidades de tierra con baja densidad arbórea. Las tecnologías agroforestales propuestas fueron cercas vivas en la zona agrícola-ganadera, barreras vivas en la parte alta y enriquecimiento de acahuals en la unidad de tierra con baja densidad arbórea. El buen manejo silvícola de las tecnologías sugeridas puede incrementar los ingresos económicos de los agricultores, principalmente, por la venta de leña. Esta investigación contribuye a obtener información local de la zona.

Palabras clave: Barreras vivas, caracterización biofísica, cercas vivas, enriquecimiento de acahuals, evaluación de tierras, inventario forestal.

Fecha de recepción/Reception date: 8 de junio de 2019

Fecha de aceptación/Acceptance date: 23 de agosto de 2019

Universidad Autónoma Chapingo, México.

*Autor por correspondencia; Correo-e: dgomez@correo.chapingo.mx

Introducción

Existen diversos problemas que afectan directamente el diseño e implementación de tecnologías agroforestales en los diferentes sistemas productivos agropecuarios, lo que se debe, principalmente, a la naturaleza compleja de la agroforestería, a la falta de paquetes de tecnologías probados y a la adopción y aceptación por parte de los productores (Soto *et al.*, 2008). Para un buen diseño de esas tecnologías es fundamental disponer de información referente a los aspectos biofísicos, agroforestales, sociales y económicos (Raintree, 1987).

Müller y Scherr (1990) citan que las características biofísicas de la zona para ejecutar un proyecto (clima, altitud, suelos y topografía) son los factores más importantes. Sin embargo, en México no existen datos precisos para áreas pequeñas con relieve accidentado, lo cual puede generar que las tecnologías agroforestales propuestas no sean las más adecuadas para las condiciones específicas del sitio, incluida la selección de especies arbustivas, herbáceas y arbóreas.

El método de planificación del paisaje propuesto por Duchart *et al.* (1989) puede llenar ese vacío mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), *Google Earth*[™] y otras herramientas de mapeo y análisis espacial (Taylor *et al.*, 2010; Fagerholm *et al.*, 2013). De esta manera, las formas de uso de la tierra proporcionan beneficios inmediatos a la población local y, al mismo tiempo, favorecen la conservación o recuperación de la capacidad productiva de los sistemas de las diferentes unidades del paisaje.

El método Paramétrico de Clasificación del Paisaje hace posible la superposición de mapas temáticos sobre rasgos biofísicos, formas geomórficas, clima, sistemas fluviales, drenaje, suelos y cobertura vegetal (Soto y Pintó, 2010); al crear un mapa compuesto donde se pueden distinguir unidades de paisaje con características similares (Campos *et al.*, 2010; Wang y Yang, 2012). Con lo anterior, es factible identificar lugares apropiados para el diseño y establecimiento de tecnologías agroforestales más adecuadas, sin dejar de lado el aspecto social y económico de los dueños de los recursos (Ruiz y Soto, 2015).

La selva baja caducifolia es un ecosistema bajo fuerte presión por las actividades humanas, en México. Principalmente, por la extracción de leña y la ganadería intensiva (Yescas *et al.*, 2017). Esto genera presión sobre el recurso vegetal, lo que provoca la degradación de suelos y la pérdida de diversidad vegetal. El uso e implementación de tecnologías agroforestales puede reducirla presión y satisfacer las necesidades económicas de los productores.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue proponer una metodología para la evaluación de tierras, con el propósito de diseñar tecnologías agroforestales apropiadas en el ejido Ajuchitlán, Tlaquiltenango, Morelos. El método consistió en el diagnóstico de los aspectos biofísicos, agroforestales, participación social y valoración económica. La caracterización detallada del medio biofísico se realizó mediante una modificación al método Paramétrico de Clasificación del Paisaje para obtener unidades básicas, relativamente, homogéneas (UP). La diagnosis agroforestal consistió en identificar las especies más representativas y detectar las principales limitantes de las UP. Para incluir la participación social, se realizaron entrevistas semiestructuradas a los productores para conocer otras limitantes, determinar su principal interés económico y seleccionar las especies arbóreas y arbustivas preferidas para el diseño de las tecnologías agroforestales. Posteriormente, se evaluó la viabilidad económica de las mismas mediante el cálculo de los costos de establecimiento y beneficios por venta de leña.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en el ejido Ajuchitlán, perteneciente al municipio Tlaquiltenango que se ubica al sur de la Sierra de Huautla, Morelos. Se localiza entre los 18°25'20" a 18°29'52" N y los 98°54'42" a 98°58'54" O, dentro de las provincias Eje Volcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur; en las subprovincias Sierra del Sur de Puebla y Sierra y Valles Guerrerenses (INEGI, 2009). Tiene una superficie de 2 686 ha, su relieve es accidentado. El intervalo altitudinal es de 1 000 a 1 800 m. La vegetación predominante es la selva baja caducifolia (Miranda y Hernández, 1963).

El método consistió en el diagnóstico de los aspectos biofísicos y agroforestales, considerando la participación social para el diseño de tecnologías agroforestales y el cálculo de su viabilidad económica (Raintree, 1987).

Diagnóstico detallado del medio biofísico

Se utilizó el método Paramétrico de Clasificación del Paisaje (Duchart *et al.*, 1989) para obtener unidades básicas del territorio relativamente homogéneas (UP) que resultaron de la superposición de los mapas temáticos de fisiografía, clima, uso de suelo y vegetación. A cada unidad básica se le asignó un nombre por el uso de suelo y vegetación, seguido del tipo de clima, finalizando con la geoforma del terreno.

Para diseñar el mapa fisiográfico se consideraron las formas del terreno, la pendiente y la altitud. El mapa climático se elaboró con base en la metodología de Gómez *et al.* (2008), para ello se seleccionaron 23 estaciones meteorológicas con datos completos de al menos 20 años (Cuadro 1) (IMTA, 2013). Se generó el mapa de temperatura, mediante el método de Interpolación Lineal Simple para obtener datos puntuales de temperatura media mensual y anual del área de estudio (Gómez *et al.*, 2008).



Cuadro 1. Estaciones meteorológicas seleccionadas con datos completos de al menos 20 años en áreas aledañas a Ajuchitlán, Tlaquiltenango, Morelos.

Clave	Nombre	Estado	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
12030	Chaucingo, Huitzuco	Guerrero	18.28	-99.11	830
12115	Huitzuco, Huitzuco	Guerrero	18.30	-99.33	940
12081	Taxco, Taxco	Guerrero	18.36	-99.61	1 800
12126	Tlacotepec	Guerrero	17.78	-99.96	1 802
12117	Ixcateopan, Cuahutemoc	Guerrero	17.51	-99.75	1 820
17007	Huajintlan, Amacuzac	Morelos	18.63	-98.96	1 049
17008	Huatla, Tlaquiltenango	Morelos	18.43	-99.03	971
17015	Tepalcingo, Tepalcingo	Morelos	18.60	-98.85	1 200
17016	Tequesquitengo, Jojutla	Morelos	18.60	-99.25	970
17019	Tilzapotla, Puente de Ixtla	Morelos	18.50	-99.26	950
17042	Zacatepec, Zacatepec	Morelos	18.65	-99.18	1 226
17031	Jojutla de Juárez (Smn)	Morelos	18.60	-99.18	891
17032	San Gabriel, Amacuzac	Morelos	18.61	-99.35	1 008
17033	Xicatlacotla, (Cfe)	Morelos	18.58	-99.20	1 000
17036	Lagunillas de Rayón, Dge	Morelos	18.48	-98.71	1 100
17038	Nexpa, Tlaquiltenango	Morelos	18.51	-99.13	1 200
17056	San Pablo Hidalgo,	Morelos	18.58	-99.03	955
17057	El Limón, Tepalcingo	Morelos	18.51	-98.93	1 650
17076	Puente de Ixtla	Morelos	18.61	-99.31	899
21050	Jolalpan, Jolalpan (Smn)	Puebla	18.31	-98.81	820
21116	Chiautla de Tapia, (Smn)	Puebla	18.28	-98.60	1 025
21177	Tepexco, Tepexco (Dge)	Puebla	18.56	-98.71	1 150
17021	Tlacualera, Tlacualera	Morelos	18.61	-98.95	1 560

Fuente: IMTA, 2013.

La cartografía de la precipitación media anual se hizo con el método gráfico, estableciendo analogías de las áreas con estaciones meteorológicas con las que no tienen información, las cuales se ubicaron geográficamente con el Sistema de Información Geográfico ArcMap 10.1; se incluyó su valor de precipitación media anual en un mapa de modelo de elevación digital con curvas de nivel. Se analizó el impacto del relieve en los sistemas meteorológicos que generan la precipitación , expresado en el valor de la precipitación media anual en cada punto geográfico con información, y se trazaron de manera preliminar las isoyetas medias anuales a intervalos de 100 mm, a partir de las

que tuvieron más elementos para delimitar su ubicación. Posteriormente, se sobrepusieron las isoyetas trazadas en un mapa de falso color que denota la cobertura vegetal y al que se le agregaron los polígonos con datos de los tipos de uso del suelo y vegetación; se ajustaron las isoyetas con base en la asociación que puede tener la precipitación con la cobertura vegetal (Gómez *et al.*, 2008).

La precipitación media mensual se estimó a través de un análisis de la distribución de la precipitación regional, a partir de los intervalos de precipitación media anual (Gómez *et al.*, 2008).

Se unieron los mapas de temperatura y precipitación media anual, para definir áreas de influencia climática (AIC). En cada AIC se calcularon los valores mensuales y anual de temperatura y precipitación media. Enseguida, se determinó el tipo de clima utilizando el Sistema de Clasificación de *Köppen* modificado por García (García, 2004).

Para identificar todos los usos de suelo y vegetación del área de estudio, se usaron los polígonos de la Serie VI de INEGI (Inegi, 2016), en los cuales se redefinieron los linderos y se detallaron con mayor precisión por medio de imágenes de satélite de *Google Earth Pro* (2018) a escala de 1: 10 000.

Con base en las imágenes de satélite, se clasificó la densidad arbórea de los polígonos de la vegetación secundaria de selva baja caducifolia consignada en la Serie de Inegi referida en: alta, media y baja. Asimismo, se generaron nuevos polígonos de agricultura de roza-tumba-quema y agricultura mecanizada. Para ello, se consideraron los resultados de trabajos anteriores realizados en la zona de estudio (Uribe *et al.*, 2015).



Diagnóstico agroforestal

En cada UP se hizo un inventario forestal, para identificar las especies que mejor se desarrollan en ellas. Se establecieron tres parcelas de muestreo en cada UP con una superficie de 400 m², de forma circular, con un radio de 11.28 m. En toda el área de muestreo, se registraron los árboles y arbustos con un diámetro normal mayor a 2.5 cm. Para los árboles, se midió el diámetro normal a 1.30 m. En los arbustos, el diámetro se midió a 15 cm de altura sobre el suelo. La altura de ambos se determinó con una pistola *Haga* modelo 43890, y los diámetros con una cinta diamétrica *Forestry Suppliers* de tela, modelo 283D.

Se calculó el índice de valor de importancia (IVI) mediante la siguiente fórmula (Mueller-Dumbois y Ellenberg, 1974):

$$VI = \{[Dominancia + Frecuencia + Abundancia]/3\} * 100$$

Donde:

VI= Valor de importancia de la especie *i*

Dominancia = Área basal de la especie *i*/Σ área basal de todas las especies

Frecuencia = Número de parcelas en las que la especie *i* está presente/número total de parcelas

Abundancia = Número de individuos de la especie *i*/número total de individuos de toda el área muestreada.

Con base en lo observado en campo y en estudios previos en el área (Uribe *et al.*, 2015; Burgos *et al.*, 2017; Yescas *et al.*, 2017), se seleccionaron aquellas UP que presentaron dos o más limitantes (Cuadro 2), para dar una posible solución, con la implementación de tecnologías agroforestales, con especial interés en el incremento a la baja productividad del sistema.

Cuadro 2. Descripción de las limitantes consideradas para la selección de las UP para el diseño de tecnologías agroforestales en Ajuchitlan, Tlaquiltenango, Morelos.

Limitante	Descripción
Degradación del suelo	Suelo desnudo con presencia de cárcavas, canalillos y pedones
Baja densidad arbórea y arbustiva	Cobertura arbórea y arbustiva menor a 25 %
Agricultura convencional	Utilización excesiva de fertilizantes nitrogenados.
Pastoreo intensivo	

Participación social

Se efectuaron 32 entrevistas semiestructuradas que representaron 80 % del total de los productores del área de estudio. Las entrevistas se elaboraron con base en la metodología Diagnóstico y Diseño (Raintree, 1987), la cual se adaptó a las condiciones de la región y al propósito de esta investigación. Las preguntas se enfocaron a la identificación de otras posibles limitantes en cada UP; así como en el principal interés económico por parte de los productores; de igual modo se preguntó sobre la preferencia de las especies arbóreas y arbustivas de uso múltiple para el diseño de las tecnologías agroforestales.

Diseño de las tecnologías agroforestales

Se consideraron las principales limitantes de cada UP, las especies arbóreas y arbustivas de usos múltiples indicadas por los productores con especial interés a los aspectos económico y con representatividad en el paisaje, mediante el valor de importancia (VI). Los aspectos de fisiografía y clima se incluyeron con el objeto de asegurar un desarrollo adecuado en campo de dichos *taxa*.

A partir de la revisión bibliográfica (Chacón y Harvey, 2006; Soto-Pintó *et al.*, 2011; Bolaños *et al.*, 2013) se determinó la morfología de cada especie estudiada, se estableció la densidad de árboles por hectárea, así como su arreglo espacial en cada tecnología.

Evaluación de la viabilidad económica de las tecnologías agroforestales

Se estimó el costo total por hectárea del establecimiento de las tecnologías agroforestales propuestas, mediante el cargo por mano de obra, por maquinaria y equipo, así como por consumos. Estos se obtuvieron del catálogo de concepto y rendimiento de la Comisión Nacional Forestal (Conafor, 2014), se modificó el costo actual por jornal y de herramienta por utilizar. Cabe mencionar, que el estimado de costos fue para abril de 2019, cuando se tenía un tipo de cambio promedio de \$19.00 MN por dólar norteamericano.

Si el principal interés económico de los productores era la venta de leña, los beneficios económicos se estimaron solo para dicha actividad. Se consideró que la plantación de los taxones propuestos en cada tecnología serán cuidados por los productores en las primeras etapas, y con base en lo definido por la Comisión Nacional Forestal, se calculó el volumen total del árbol a la edad de 20 años, para obtener el número de cargas de leña por árbol, bajo el supuesto de que habrá 10 % de mortalidad de los individuos plantados en cada tecnología (Conafor, 2013).

El volumen se multiplicó por el costo de la carga de leña a nivel local. La carga de leña equivale a 0.17 m³, por lo que 1 m³ contiene 5.8 cargas. De acuerdo con Vázquez *et al.* (2017) su costo depende del tipo de especie, y varía entre \$85.00MN y \$100.00 MN, que equivale a US\$4.47-5.26.



Resultados y Discusión

Diagnóstico detallado del medio biofísico

Se reconoce que 42 % del área de estudio tiene laderas moderadamente inclinadas, con pendientes entre 2 y 8 %, en altitudes de 1 200-1 400 m (Cuadro 3) (Figura 1).

Cuadro 3. Características dominantes de las geoformas delimitadas en Ajuchitlán, Tlaquiltenango, Morelos.

Descripción de la Geoforma	Intervalo altitudinal (msnm)	Intervalo de pendiente (%)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Valle Fluvial casi plano	1 000-1 200	0-2	547	20.36
Ladera moderadamente inclinada	1 200-1 400	2-8	1130	42.09
Ladera inclinada	1 400-1 600	8-15	758	28.21
Cima de Ladera	1 600-1 800	0-2	251	9.34



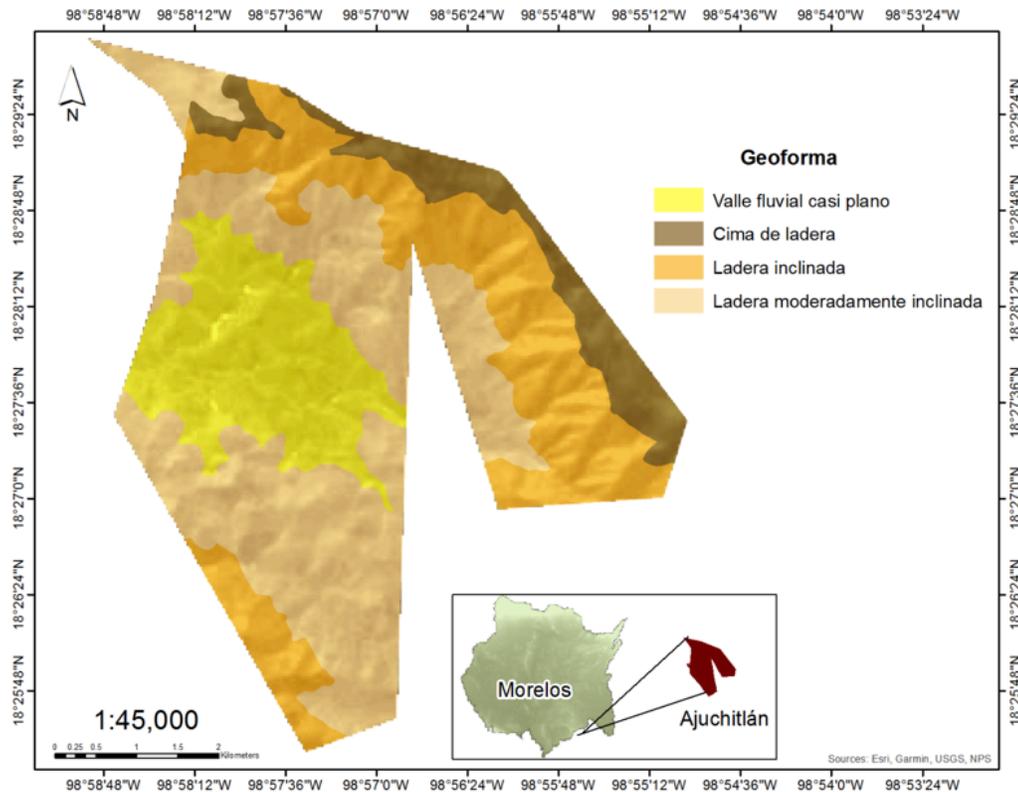


Figura 1. Distribución espacial de las geoformas delimitadas en Ajuchitlán, Tlaquiltenango, Morelos.

Se delimitaron 14 áreas de influencia climática y se determinaron tres climas diferentes en el área evaluada (Figura 2). El clima cálido, el más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias en verano [$Aw_0(w)(i')g$] tiene más predominancia en la zona, el cual se presenta en 53.47 % del total de la superficie estudiada (1 436 ha); se ubica en el valle fluvial y las zonas aledañas de laderas moderadamente inclinadas de la parte occidental.

En las laderas inclinadas, hay un gradiente de mayor precipitación, el clima es cálido, el normal de los subhúmedos y con régimen de lluvias en verano [$Aw_1(w)(i')g$], la superficie con este clima es de 609 ha (22.65 %). En la cima de las laderas, el clima se caracteriza como semicálido del grupo de los cálidos, el normal de los subhúmedos y régimen de lluvias en verano [$A(C)w_1(w)(i')g$], con una superficie de 641 ha (23.88 %).

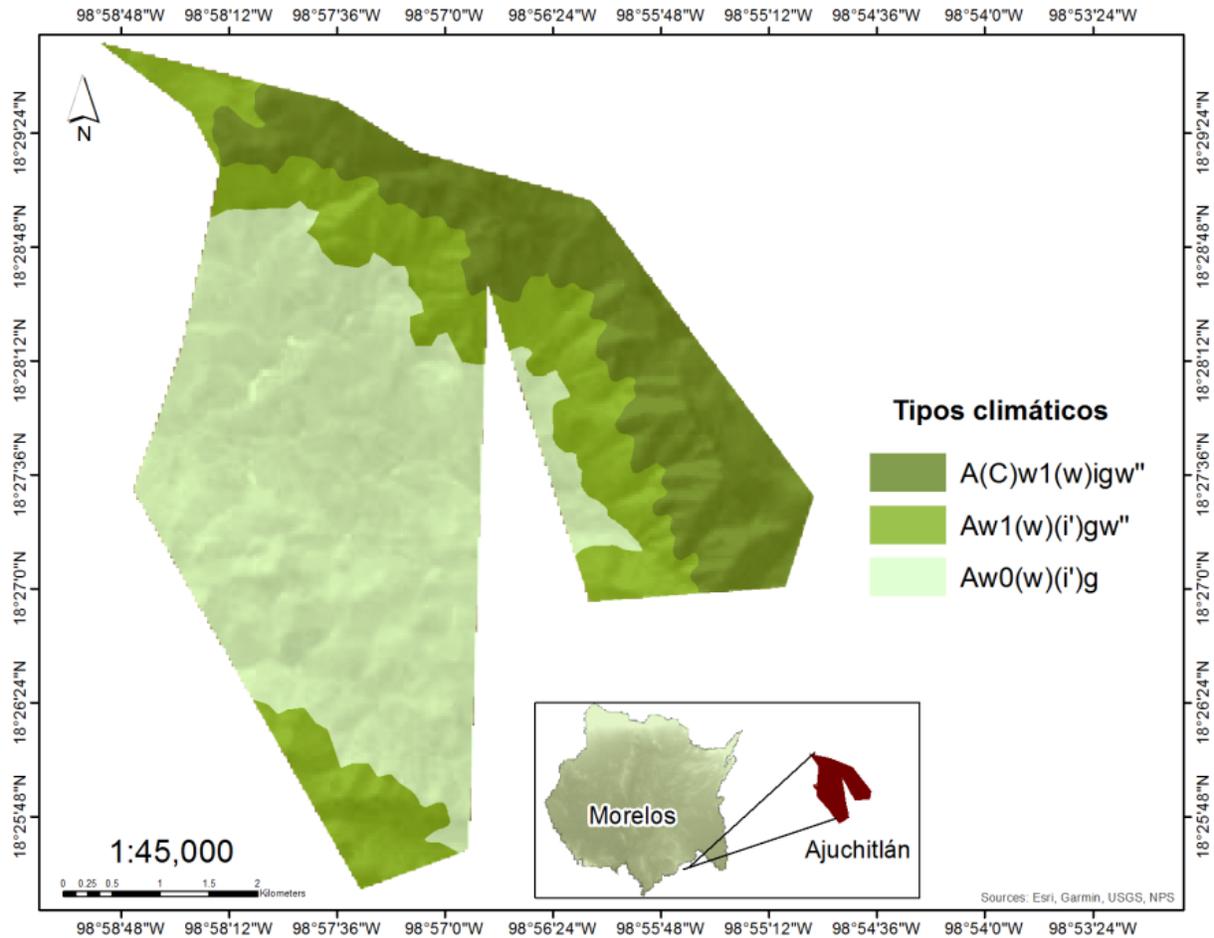
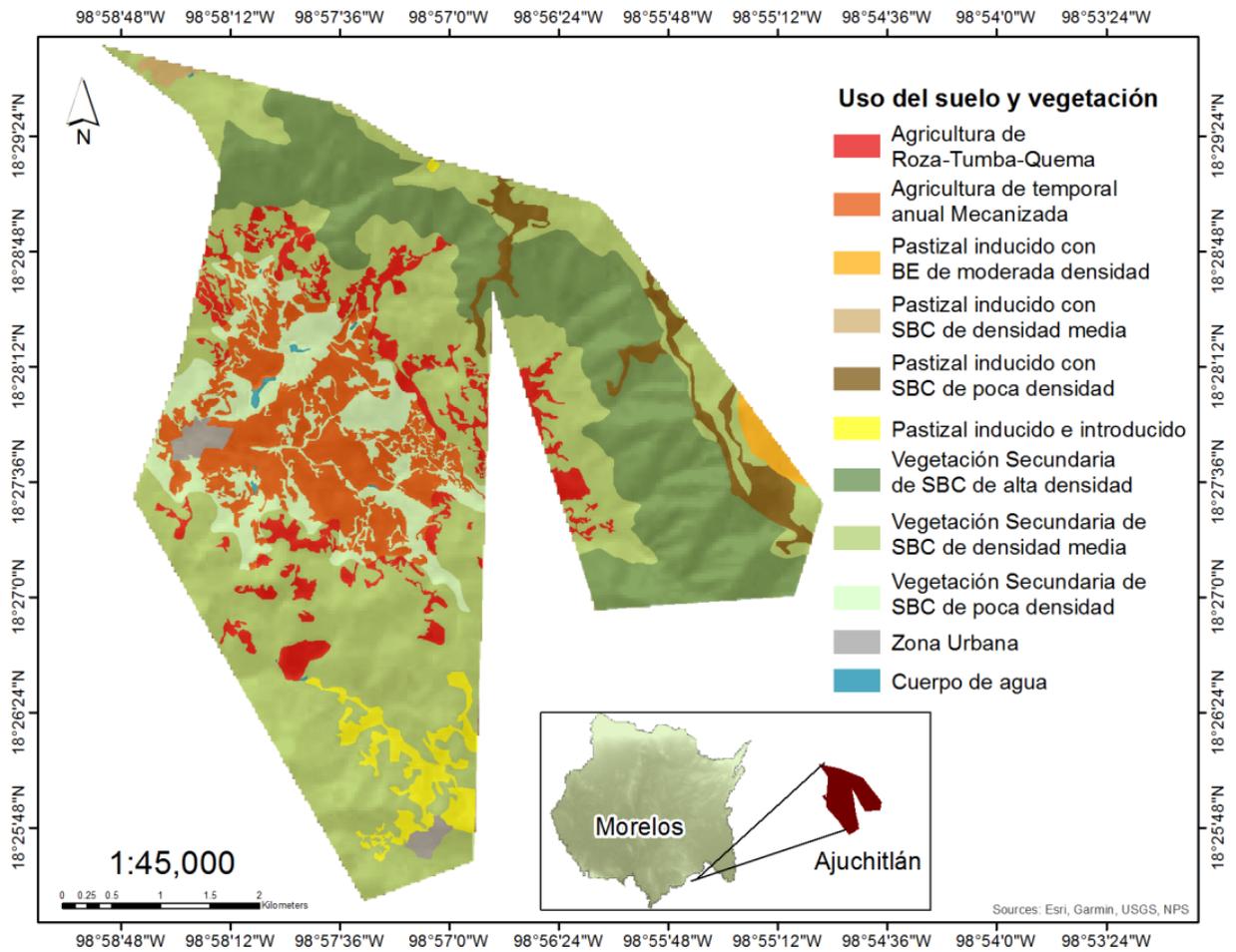


Figura 2. Distribución espacial de los tipos climáticos en Ajuchitlán, Tlaquiltenango, Morelos.

En cuanto al uso del suelo y vegetación se delimitaron 11 tipos. Predomina la vegetación secundaria de selva baja caducifolia (SBC) de densidad media (42.30 %). La superficie dedicada a la agricultura y pastizal suma 19.30 % del total (Figura 3).

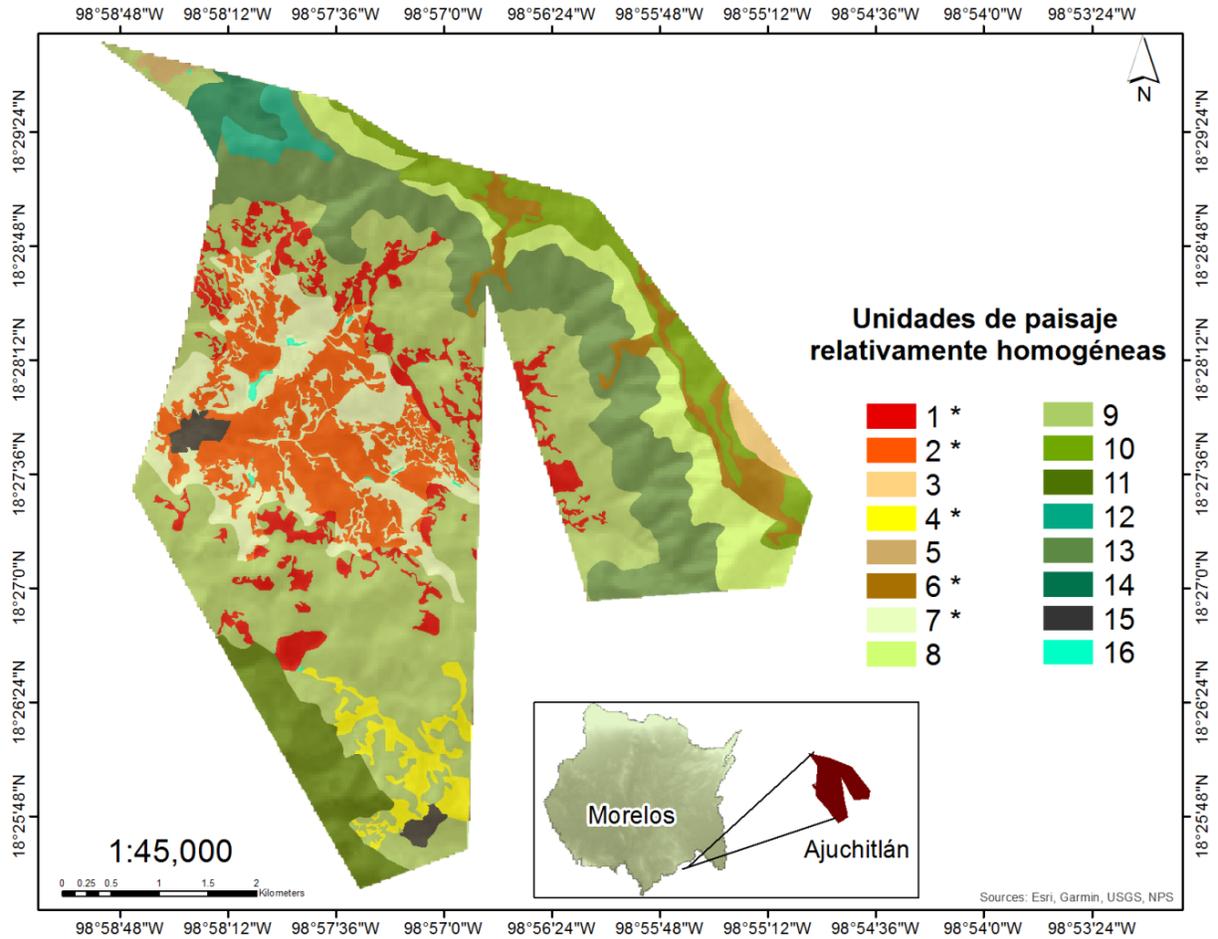




SBC = Selva Baja Caducifolia; BE = Bosque de encino.

Figura 3. Distribución espacial de los tipos climáticos encontrados en Ajuchitlán, Tlaquiltenango, Morelos.

Al integrar los mapas temáticos de fisiografía, clima y uso del suelo y vegetación se obtuvieron 14 UP, de las cuales, la vegetación secundaria de SBC en sus diferentes densidades y condiciones climáticas, así como fisiográficas representan el uso con mayor superficie en la región, tanto para el ganado, como para la comunidad (Figura 4). Esto se debe a que, durante la época de lluvias, la vegetación natural es la única fuente de alimento para el ganado, lo que disminuye los gastos de los productores (Uribe *et al.*, 2015).



1. Agricultura de Roza-Tumba-Quema en un clima $Aw_0(w)(i')$ g en una ladera moderadamente inclinada;
2. Agricultura de temporal anual Mecanizada en un clima $Aw_0(w)(i')$ g en un Valle fluvial casi plano;
3. Pastizal inducido con BE de densidad media en un clima $A(C)w_1(w)(i')$ g en una cima de ladera;
4. Pastizal inducido e introducido en un clima $Aw_0(w)(i')$ g en una ladera moderadamente inclinada;
5. Pastizal inducido con SBC de densidad media en un clima $Aw_0(w)(i')$ g en una ladera moderadamente inclinada;
6. Pastizal inducido con SBC de baja densidad en un clima $A(C)w_1(w)(i')$ g en una cima de ladera;
7. Vegetación Secundaria de SBC de baja densidad en un clima $Aw_0(w)(i')$ g en un Valle fluvial casi plano;
8. Vegetación Secundaria de SBC de alta densidad en un clima $Aw_1(w)(i')$ g en una ladera inclinada;
9. Vegetación Secundaria de SBC de densidad media en un clima $Aw_0(w)(i')$ g en una ladera moderadamente inclinada;
10. Vegetación Secundaria de SBC

de densidad media en un clima A(C)w₁(w)(i´)g en una cima de ladera; 11. Vegetación Secundaria de SBC de densidad media en un clima Aw₀(w)(i´)g en una ladera inclinada; 12. Vegetación Secundaria de SBC de alta densidad en un clima Aw₁(w)(i´)g en una cima de ladera; 13. Vegetación Secundaria de SBC de alta densidad en un clima Aw₁(w)(i´)g en una ladera inclinada; 14. Vegetación Secundaria de SBC de alta densidad en un clima Aw₁(w)(i´)g en una ladera moderadamente inclinada; 15. Zona Urbana; 16. Cuerpo de agua.

SBC= Selva Baja Caducifolia; BE=Bosque de Encino; * UP seleccionadas para el diseño de tecnologías agroforestales.

Figura 4. Distribución espacial de las Unidades de Paisaje Relativamente Homogéneas (UP) en Ajuchitlán, Tlaquiltenango, Morelos.

Diagnóstico agroforestal

Se identificaron 64 especies arbóreas y arbustivas. Los taxones con mayor valor de importancia por unidad de paisaje se muestran en el Cuadro 4. Estos resultados son similares a los de Hernández *et al.* (2011) en un estudio llevado a cabo en Ajuchitlán, cuyas especies con mayor valor de importancia son ixtumeca (*Euphorbia schlechten* Boiss), tlahuitol [*Lysiloma divaricata* (Jacq.) McBride] y tecolhuixtle (*Mimosa benthami* J.F. Macbr) que representan 37.29 % del total del índice de valor de importancia.



Cuadro 4. Especies con mayor valor de importancia (VI) en porcentaje en cada unidad de paisaje relativamente homogénea (UP).

Unidad de Paisaje relativamente homogénea (UP)	Especie	VI (%)
3	<i>Quercus magnoliifolia</i> Née	22.39
8	<i>Quercus magnoliifolia</i> Née	9.61
7	<i>Acacia cochliacantha</i> Willd.	65.41
11	<i>Lysiloma divaricata</i> (Jacq.) J. F. Macbr.	13.95
13	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	21.28
10	<i>Mimosa benthamii</i> J.F.Macbr.	12.97
12	<i>Lysiloma divaricata</i> (Jacq.) J. F. McBride.	12.12
14	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	11.37
5	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	9.90
9	<i>Bursera bipinnata</i> (DC.) Engel.	7.31
6	<i>Lysiloma acapulcensis</i> (Kunth) Benth.	7.12

Las UP seleccionadas para el diseño de las tecnologías agroforestales fueron: agricultura de rosa-tumba-quema (1), agricultura de temporal anual Mecanizada (2), pastizal inducido e introducido (4), pastizal con SBC de baja densidad en la cima de la ladera (6) y vegetación secundaria de SBC de baja densidad en el Valle fluvial (7). Se observó que la principal limitante en las tres primeras UP (1,2 y 4) fue el uso de agricultura y pastizal convencional con la aplicación intensiva de fertilizantes nitrogenados. En las entrevistas semiestructuradas y en los recorridos de campo se reconocieron limitantes en el cercado con postes muertos, debido a su alto costo de establecimiento y mantenimiento (Uribe *et al.*, 2015). Ello porque el área es netamente ganadera, lo que genera presión para las especies arbóreas que son utilizadas como postes para elaborar cercos muertos en predios pequeños y fraccionados, con una superficie promedio de 1 ha.

En la UP 6 se tuvo degradación del suelo causada, principalmente, por erosión hídrica. En la UP 7 se observó baja densidad arbórea, lo que puede ocasionar pérdida de suelos, si no se efectúan buenas labores de manejo.

Diseño de las tecnologías agroforestales

Cercas vivas

En las UP con pastizal y agricultura (1, 2 y 4) se recomienda el establecimiento de cercas vivas, que de acuerdo con Harvey *et al.* (2005) son árboles de uso múltiple plantados en hileras, que manejan los agricultores. Se utilizan para dividir los pastizales y proteger de los animales a los cultivos, o para marcar los límites de las parcelas, lo cual propicia mantener el paisaje y la conectividad de la región agrícola-ganadera (Chacón y Harvey, 2006). Dado que los predios son pequeños y fraccionados, no se propone otro tipo de tecnología agroforestal.

Para el establecimiento de las cercas vivas se aconseja incorporar: *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., o mata rata; *Acacia cochiacantha* Willd., o cubata prieta; *Mimosa benthamii*, o tecolhuixtle y *Guazuma ulmifolia* Lam., o cuaulote. Eespecies de uso múltiple que tienen un alto valor de importancia. Se desarrollan, adecuadamente, en el valle fluvial casi plano y en las laderas moderadamente inclinadas con el tipo de clima $Aw_0(w)(i)g$. Pueden servir para la venta de leña, una vez que alcancen el desarrollo deseado, ya que son apreciadas por los pobladores (Vázquez *et al.*, 2017).

Para su establecimiento en campo, se propone un espaciamiento de 4 m entre planta, intercalando un poste muerto cada dos metros, con una densidad de 100 plantas ha^{-1} . Una separación menor podría reducir los rendimientos del cultivo, debido a la competencia por luz y nutrientes. Colocar alambre de púas cuando las plantas estén bien enraizadas y tengan un grosor de más de 15 cm de diámetro normal (Chacón y Harvey, 2006).

De acuerdo con Yescas *et al.* (2017), el uso de cercas vivas es una de las tecnologías recomendadas en la zona agrícola-ganadera de la selva baja caducifolia de la Sierra

de Huautla, Morelos; ya que, además de servir como delimitación de linderos, satisface las necesidades de leña de los productores.

Según Cortez *et al.* (2017), las cercas vivas son una opción para reducir los impactos negativos de la ganadería extensiva, la pérdida de la vegetación natural y la degradación de los suelos en la Sierra de Huautla. Asimismo, Soto *et al.* (2008) indican que esta tecnología tiene un efecto benéfico en el suelo al reducir la erosión, los costos de manejo son bajos o nulos y proporcionan diversos productos, entre los que destacan la leña y el forraje.

Barreras vivas

En la UP 6 se observó un alto grado de erosión. Por tal motivo, se sugiere la práctica de barreras vivas, que servirán para controlar la pérdida del suelo por erosión hídrica, lo cual reduce la velocidad del agua de escorrentía pendiente abajo y con ello, la remoción del suelo; además favorece que las partículas del suelo se sedimenten en la parte superior de las barreras vivas y se formen terrazas naturales (Quinton y Rodríguez, 1999). Con dicha estrategia, se detendrá el proceso degradativo del suelo y, con el tiempo, se incrementará el potencial productivo de la tierra.

También, se identificó poca diversidad de especies y una presencia importante de ixtumeca (*Euphorbia schlechten*), con un valor de importancia de 27 %. Este taxón es considerado por la comunidad como una planta invasora, muy agresiva y de poco uso. Por lo que se sugiere utilizar especies rústicas, que sirvan para retener el suelo y generar condiciones adecuadas para restaurar a largo plazo con especies arbóreas útiles. Se espera que aumenten el contenido de carbono en el sitio y que sustituyan gradualmente a ixtumeca.

Los taxa propuestos son nopal (*Opuntia lubrica* Griffiths) y el copal chino (*Bursera bipinnata* DC. Engl.), los cuales se desarrollan bien en la cima de la ladera y en el tipo de clima A(C)w₁(w)(i')g. A pesar de que el nopal no tiene alta representatividad en esta zona (VI 6 %) puede ser una buena opción para implementarse en barreras vivas

en terrenos con alta erosión, debido a que es una especie rustica y se desarrolla bien en esas condiciones, además tiene una alta sobrevivencia (Bolaños *et al.*, 2013).

El copal chino se propone por tener un alto valor de importancia en el área (18 %); además en sus primeras etapas se ramifica desde el nivel del suelo; es una especie muy apreciada por los pobladores, por su resina.

Para el establecimiento en campo, la separación entre plantas de nopal debe ser de 20 cm, a lo largo de las curvas de nivel, con un distanciamiento entre curvas de 16.6 m (Bolaños *et al.*, 2013) y una densidad de plantación de 3 012 individuos ha⁻¹. Las franjas con nopal y las de copal chino se colocan de forma intercalada. Una vez establecidas las plantas, se harán podas para darles estructura.

En el nopal se usarán las pencas para formar los bordos entre plantas que reduzcan o limiten la escorrentía. En el caso del copal chino, el material removido en las podas, se acomodará entre las plantas para formar bordos. Cuando las barreras estén establecidas, se realizará un raleo para permitir el mejor desarrollo de las plantas, cuidando de mantener los bordos al contorno.

Zúñiga *et al.* (1993) documenta el éxito del uso de barreras vivas en algunas regiones tropicales de México, por lo que es, ampliamente, recomendado en zonas con presencia de suelo degradado. Se espera que al utilizar las barreras vivas en esta UP se reduzca la erosión hídrica, por medio de la disminución longitudinal y del gradiente de la pendiente; y aumente la humedad del suelo para favorecer el buen desarrollo de las plantas (Ruiz *et al.*, 2001).

Enriquecimiento de acahuales

En la UP 7 se recomienda hacer un enriquecimiento de especies, mediante la tecnología de acahual mejorado propuesto por Soto-Pintó *et al.* (2011). Los taxones sugeridos son tlahuitol, tepeguaje (*Lysiloma acapulcensis* (Kunth) Benth), tecolhuixtle y cuaulote, los cuales tienen un pleno desarrollo en el valle fluvial casi

plano, con un tipo de clima $Aw_0(w)(i')g$, que coinciden con las condiciones biofísicas donde se propone establecer la tecnología agroforestal.

Las especies seleccionadas para esta actividad concuerdan con Moreno y Paradowska (2009), quienes señalan que el uso potencial de dichos taxa, aparte de enriquecer los acahuales y generar beneficios ambientales, son preferidas por los productores para el uso de leña y forraje en la selva baja caducifolia del centro de Veracruz.

Para el establecimiento de la plantación se recomienda realizar brechas de 2 m de ancho en dirección perpendicular a la pendiente, con una separación de 3 m entre árboles. Entre línea y línea de individuos se dejan 7 m de acahual natural, lo que forma una densidad de 476 árboles ha^{-1} . Los ejemplares con diámetro normal superior a 20 cm deben dejarse (Soto-Pintó *et al.*, 2011).

Soto-Pintó *et al.* (2011) indican que el enriquecimiento de acahuales mantiene la capacidad de regeneración de la vegetación natural y aumenta el potencial del suelo al incrementar la cobertura, biomasa y productividad. Esto contribuye a mejorar los beneficios ambientales y, por ende, los económicos y sociales (Canadell y Raupach, 2008).

Viabilidad económica de las tecnologías agroforestales propuestas

En el Cuadro 5 se presentan los costos de establecimiento por hectárea de las tecnologías discutidas. Se observa que el enriquecimiento de acahuales resulta ser el más barato, debido, fundamentalmente, a que no se requieren muchos insumos como en las cercas y barreras vivas.



Cuadro 5. Costo por hectárea de establecimiento de las tecnologías propuestas en Ajuchitlán, Tlaquiltenango, Morelos.

Cargo	Cercas vivas		Enriquecimiento de acahuales		Barreras vivas	
	Costo ha ⁻¹ en pesos mexicanos	Costo ha ⁻¹ en dólares*	Costo ha ⁻¹ en pesos mexicanos	Costo ha ⁻¹ en dólares	Costo ha ⁻¹ en pesos mexicanos	Costo ha ⁻¹ en dólares
	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)
Mano de obra	1 201.01	63.21	2 115.67	111.35	2 171.79	114.30
Maquinaria, equipo y herramienta	16.30	0.86	30.58	1.61	13.02	0.69
Insumos	9 859.54	518.92	1 001.80	52.73	5 318.60	279.93
Actividades de mantenimiento	1 838.00	96.74	2 276.44	119.81	4 259.12	224.16
Otros cargos	128.66	6.77	495.52	26.08	0.00	0.00
Total	13 043.51	686.50	5 920.01	311.58	11 762.53	619.08

*Tipo de cambio de \$19.00 MN por un dólar americano.

Los costos por hectárea obtenidos en esta investigación están dentro del intervalo calculado por Sáenz *et al.* (2010), de \$10 207 a \$19 923 MN, en función de la tecnología agroforestal, cuya implementación genera un costo de inversión considerable para la economía de los productores, que varía dependiendo de los costos fijos; así como de los precios actuales de insumos y mano de obra. Sin embargo, el beneficio a largo plazo, tanto económico como ambiental hará que los campesinos recuperen su inversión que, si bien puede ser costada con sus propios recursos, también es posible acceder total o parcialmente a recursos proporcionados por instituciones de gobierno.

Como el principal interés económico de los productores es la venta de leña, los cálculos se hicieron solo para dicha actividad. Se determinó que su beneficio económico depende en gran medida de la especie debido a que el volumen está interrelacionado con el crecimiento en diámetro y altura. Se observó que también es afectado por la densidad de árboles por hectárea que se propone, bajo el supuesto de que habrá 10 % de mortalidad de los individuos plantados en cada tecnología (Cuadro 6).

Cuadro 6. Beneficio económico en hectárea por venta de leña, según la especie a utilizar en cada tecnología agroforestal a 20 años de establecidas en Ajuchitlán, Tlaquiltenango, Morelos.

Nombre común	Especie	Cercas vivas (\$ ha ⁻¹)		Enriquecimiento de acahuales (\$ ha ⁻¹)	
		Beneficio en pesos mexicanos	Beneficio en dólares*	Beneficio en pesos mexicanos	Beneficio en dólares
Tlahuitol	<i>Lysiloma divaricata</i> (Jacq.) Macbr.	0.00	0.00	207 004.39	10 894.97
Cuaulote	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	71 131.57	3 743.77	33 827.01	1 780.37
Tecolhuixtle	<i>Mimosa benthami</i> (J.F.) McBride	193 462.05	10 182.21	207 004.39	10 894.97
cubata prieta	<i>Acacia cochiacantha</i> Willd.	105 113.99	5 532.32	0.00	0.00
mata rata	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	99 274.33	5 224.96	0.00	0.00
Tepeguaje	<i>Lysiloma acapulcensis</i> (Kunth) Benth	0.00	0.00	207 004.39	10 894.97
Total		468 981.94	24 683.26	654 840.18	34 465.27

Fuente: Elaboración propia

*Tipo de cambio de \$19.00 MN por un dólar americano.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la venta de leña resulta tener un alto valor económico. Fundamentalmente, porque la leña es considerada por las familias campesinas como un recurso natural indispensable para su modo de vida. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (Sagarpa) (FAO y Sagarpa, 2007) una familia promedio necesita 500 kg de leña al año para cubrir sus necesidades de energía para la cocción de alimentos. Lo que implica un consumo anual de 8 m³, equivalentes a la extracción de 32 árboles.

Dado que la extracción de leña se practica de manera cotidiana en las comunidades de Morelos, con el consecuente impacto negativo en los recursos forestales de la selva baja caducifolia (Yescas *et al.*, 2017), es de suma importancia generar e implementar tecnologías agroforestales con especies que tengan calidad dendroenergética; pues resulta ser una alternativa viable que tiene beneficios tanto económicos, como ambientales. De esta manera, se puede reducir la presión sobre aquellas especies preferidas para leña y reducir los impactos negativos.

Conclusiones

El método Paramétrico de Clasificación del Paisaje permite generar el diagnóstico detallado del medio biofísico para obtener unidades básicas de paisaje relativamente homogéneas fundamentales para realizar el diagnóstico agroforestal, que sirve para identificar las especies más representativas y detectar las principales limitantes de las UP. La participación social es clave para diseñar las tecnologías propuestas, las cuales incluyen componentes locales de interés para los productores y con potencial de mejorar la calidad de dichos sistemas. El buen manejo silvícola de las tecnologías agroforestales propuestas, pueden incrementar los ingresos económicos de los agricultores, principalmente, por la venta de leña. Sin embargo, no se debe descartar que dichas tecnologías también, generen, a largo plazo, beneficios económicos por el pago por servicios ambientales. Los resultados de esta investigación contribuyen a obtener información local para el buen manejo de las tierras agrícolas y forestales de la zona. La metodología empleada puede replicarse en cualquier zona del país.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por la beca otorgada al primer autor para la realización de esta investigación.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Patricia Ruiz García, Jesús David Gómez Díaz y Alejandro Ismael Monterroso Rivas: caracterización detallada del medio biofísico para la obtención de unidades de paisaje relativamente homogéneas, determinación de las oportunidades agroforestales y redacción del manuscrito; Patricia Ruiz García y Miguel Uribe Gómez: diseño de tecnologías agroforestales, evaluación de la viabilidad económica y redacción del manuscrito.

Referencias

Bolaños J., N., R. Cardoza V., J. S. García C., J. A. Guerrero H., M. L. Lira Q., J. L. Nieves F., F. A. Rodríguez E., y D. Tejeda S. 2013. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas. 4ª edición. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jal., México. 109 p.

Burgos H., B., A. Cruz L., M. Uribe G., Lara B. A. y R. Maldonado T. 2017. Valor cultural de especies arbóreas en sistemas agroforestales de la Sierra de Huautla, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 16: 3277-3286. Doi: 10.29312/remexca.v0i16.396.

Campos S., M., A. Velázquez M., G. Bocco V., M. Boada J. and Á. G. Priego-Santander. 2010. Defining environmental management units based upon integrated socio-economic and biophysical indicators at the pacific coast of Mexico. *Interciencia* 35 (1): 33-40. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33913146006> (25 de enero de 2019).

Canadell, J. G. and M. R. Raupach. 2008. Managing forests for climate change mitigation. *Science* 320: 1456-1457. Doi:10.1126/science.1155458.

Chacón L., M. and C. A. Harvey. 2006. Live fences and landscape connectivity in a neotropical agricultural landscape. *Agroforestry Systems* 68:15-26. Doi:10.1007/s10457-005-5831-5.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional Forestal (Semarnat-Conafor). 2014. Costos de referencia para reforestación o restauración y su mantenimiento para compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales y la metodología para su estimación. 31 de julio de 2014. *Diario Oficial*. México, D.F., México. 46 p.

- Cortez E., J. G., M. Uribe G., A. Cruz L., A. Lara B. y J. L. Romo L. 2017. Árboles nativos para el diseño de tecnologías silvopastoriles en la Sierra de Huautla, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 16: 3371-3380.
Doi:10.29312/remexca.v0i16.402.
- Duchart, I., F. Steiner and J. H. Bassman. 1989. Planning methods for agroforestry. *Agroforestry Systems* 7 (3): 227-258. Doi: doi.org/10.1007/BF00046971.
- Fagerholm, N., N. Käyhkö and V. Eetvelde V. 2013. Landscape Characterization Integrating Expert and Local Spatial Knowledge of land and Forest Resources. *Environmental Management* 52: 660-682. Doi: 10.1007/s00267-013-0121-x.
- García A., E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Adaptación a las Condiciones de la República Mexicana. 5ª edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 98 p.
- Gómez, J. D., J. D. Etchevers, A. I. Monterroso, C. Gay, J. Campo and M. Martínez. 2008. Spatial estimation of mean temperature and precipitation in areas of scarce meteorological information. *Atmósfera* 21 (1): 35-56.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-62362008000100003 (15 de enero de 2019).
- Google Earth Pro. 2018. Google Earth Pro versión 7.3. Data SIO, NOAA, U.S. Navy NGA, GEBCO. US Dept of State Geographer. GeoBasis-DE/BKG.
<https://www.google.com/intl/es/earth/download/gep/agree.html> (15 de diciembre de 2018).
- Harvey, C. A., C. Villanueva, J. Villacís, M. Chacón, D. Muñoz, M. López, M. Ibrahim, R. Taylor, J. L. Martínez, A. Navas, J. Sáenz, D. Sánchez, A. Medina, S. Vilchez, B. Hernández, A. Pérez, F. Ruiz, F. López, I. Lang, S. Kunth and F. L. Sinclair. 2005. Contribution of live fences to the ecological integrity of agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 111 (1-4): 200–230.
Doi:10.1016/j.agee.2005.06.011.

- Hernández S., D. A, E. Cortés D., J. L. Zaragoza R., P. A. H. Martínez H., G. T. González B., B. Rodríguez C. and D. A. Hernández S. 2011. Hábitat del venado cola blanca en la Sierra de Huautla, Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* 27 (1): 47-66. http://www.scielo.org.mx/scielophp?script=sci_arttext&pid=S0065-17372011000100004 (5 de marzo de 2019).
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). 2013. Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC) versión 3.2. Servicio Meteorológico Nacional. <https://www.imta.gob.mx/productos/software/eric-iii-version-3-2-extractor-rapido-de-informacion-climatolo-detail> (18 de febrero de 2018).
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (Inegi). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Tlaquiltenango, Morelos. Clave geoestadística 17025. México. http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/17/17025.pdf (10 de enero de 2019).
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2016. Conjunto de datos vectoriales de Uso del suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VI. Capa unión. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463173359> (17 de febrero de 2019).
- Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28:291-279. Doi:10.17129/botsci.1084.
- Moreno-Casasola, P. y K. Paradowska. 2009. Especies útiles de la selva baja caducifolia en las dunas costeras del centro de Veracruz. *Madera y Bosques* 15 (3): 21-44. Doi: 10.21829/myb.2009.1531184.
- Mueller-Dumbois, D., and H. Ellenberg. 1974. The count-plot method and plotless sampling techniques. *In*: Mueller-Dumbois, D. and H. Ellenberg (eds.). *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons. Nueva York, NY, USA. pp. 93–135.

Müller, E. U. and S. J. Scherr. 1990. Planning technical interventions in agroforestry projects. *Agroforestry Systems* 11(1):23-44. Doi: 10.1007/BF00122810.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (Sagarpa). 2007. Proyecto tipo: Estufas Ahorradoras de Leña. México: Programa Especial para la Seguridad Alimentaria. FAO-SAGARPA. México, D.F., México. 18 p.

Quinton, J. N. and F. Rodríguez. 1999. Impact of live barriers on soil erosion in the Pairumani Sub-Catchment, Bolivia. *Mountain Research and Development* 19 (4): 292-299. <https://www.jstor.org/stable/25164044> (15 de abril de 2019).

Raintree, J. B. 1987. The state of the art of agroforestry diagnosis and desing. *Agroforestry Systems* 5: 219-250. Doi:10.1007/BF00119124.

Ruiz O., C y L. Soto P. 2015. Agroforestería social para la captura de carbono en Chiapas: Más allá del incentivo económico. *Revista Internacional de Ciencias Sociales Interdisciplinarias* 4 (2): 249-265. <http://journals.epistemopolis.org/index.php/csociales/> (11 de marzo de 2019).

Ruiz V., J., M. Bravo E. and G. Loaeza R. 2001. Cubiertas vegetales y barreras vivas: tecnologías con potencial para reducir la erosión en Oaxaca, México. *Terra Latinoamericana* 19 (1): 89-95. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57319111>. (17 de marzo de 2019).

Sáenz R., J. T., J. A. González T., J. Jiménez O., A. Larios G., M. Gallardo V., F. J. Villaseñor R. and C. Ibañez R. 2010. Alternativas agroforestales para reconversión de suelos forestales. Folleto Técnico Núm. 18. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) - Centro Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Uruapan, Mich., México. 56 p. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/handle/123456789/1293> (16 de marzo de 2019).

- Soto, P. L., F. G. Jiménez y M.T. Lerner. 2008. Diseño de Sistemas agroforestales para la producción y la conservación. Experiencia y tradición en Chiapas. 1ª ed. El Colegio de la Frontera Sur. Chiapas, Chis., México. 97 p.
- Soto, S. and J. Pintó. 2010. Delineation of natural landscape units for Puerto Rico. *Applied Geography* 30:720–730. Doi: 10.1016/j.apgeog.2010.01.010.
- Soto-Pintó, L., M. Anzueto y Q. Sotero. 2011. El acahual mejorado un prototipo agroforestal. El Colegio de la Frontera Sur. Chiapas, Chis., México. 23 p.
- Taylor L., S., S. DeSantis, C. A. Nathan, M. B. Olson, V. E. Méndez, H. C. Kominami, D. L. Erickson, K. S. Morris and W. B. Morris. 2010. Integrating agroecology and landscape multifunctionality in Vermont: An evolving framework to evaluate the design of agroecosystems. *Agricultural Systems* 103:327-341. Doi: 10.1016/j.agsy.2010.03.003.
- Uribe G., M., A. Cruz L., D. Juárez R., A. Lara B., J. L. Romo L., R. Valdivia R. and M. Portillo V. 2015. Importancia del diagnóstico rural para el desarrollo de un modelo agroforestal en las comunidades campesinas de la sierra de Huautla. *Ra Ximhai* 11(5):197-208. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46142593011> (14 de marzo de 2019).
- Vázquez C., M. A., A. Cruz L., C. Santos C., M. A. Pérez T. y D. M. Sangerman-Jarquín. 2017. Estufas Lorena: uso de leña y conservación de la vegetación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 16:3159-3172. Doi: 10.29312/remexca.v0i16.386.
- Wang, J. and X. Yang. 2012. A hierarchical approach to forest landscape pattern characterization. *Environ Manage* 49 (1): 64–81. Doi: 10.1007/s00267-011-9762-9.
- Yescas A., C. A., A. Cruz L., M. Uribe G., A. Lara B. y R. Maldonado T. 2017. Árboles nativos con potencial dendroenergético para el diseño de tecnologías agroforestales en Tepalcingo, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 16: 3301-3313. Doi:10.29312/remexca.v0i16.398.

Zúñiga, G., R. Camacho C., S. Uribe G., N. Francisco N. y A. Turrent F. 1993. Terrazas de muro vivo para sustentar la productividad en terrenos agrícolas de ladera. Folleto Técnico 6. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH)- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)- CIRGOC. Isla, Ver., México. 27 p.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.