

Preferences for the use of firewood in a cultural landscape in southern Mexico

Preferencias de uso de leña en un paisaje cultural en el sur de México

Efraín Aguirre-Cortés¹; Jorge O. López-Martínez²; Benedicto Vargas-Larreta³; Juan M. Pat-Fernández⁴; Pedro Macario-Mendoza^{1*}

¹El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal. Av. Centenario km 5.5. C. P. 77014. Chetumal, Quintana Roo, México.

²CONACyT – El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal. Av. Centenario km 5.5. C. P. 77014. Chetumal, Quintana Roo, México.

³Instituto Tecnológico de El Salto. Mesa del Tecnológico s/n. C. P. 34942. El Salto, Durango, México.

⁴El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche. Av. Rancho Polígono 2-A, Cd. Industrial. C. P. 24500. Lerma, Campeche, México.

*Corresponding author: pmacario@ecosur.mx tel.: +52 (983) 835 0440 ext. 4406

Abstract

Introduction: Firewood is the main source of energy for developing countries.

Objective: The relationship between the inhabitants of a cultural landscape and the consumption of firewood, and between the preferences of use and the relative importance of the species were marked.

Materials and methods: A total of 132 semi-structured surveys were conducted in the region of Calakmul, Campeche, Mexico, to analyze the consumption of firewood. The importance value index (IVI) of the species harvested in the region was obtained in nine plots of 500 m², divided into three classes of successional age: 7 to 10 years (class one), 11 to 20 years (class two), and over 20 years old (class three).

Results and discussion: A total of 60 species used as firewood were recorded. There was no correspondence between the preferred species and the first places of the IVI. The species most commonly used as firewood was *Haematoxylum campechianum* L. The species richness increased (59 to 68) and the number of individuals decreased (2 559 to 921) as the age of the vegetation increased. Firewood collection is a subsistence strategy that focuses on the elderly; traditional practices are at risk in the medium term.

Conclusion: The cultural landscape and the preservation of forest resources should be addressed with strategies of promotion and training on the use of firewood as an energy resource.

Keywords: Consumption of firewood; succession; biomass; bioenergy; Calakmul.

Resumen

Introducción: La leña es la fuente principal de energía de los países en desarrollo.

Objetivo: Se caracterizó la relación entre los habitantes de un paisaje cultural y el consumo de leña, y entre las preferencias de uso y la importancia relativa de las especies.

Materiales y métodos: Se realizaron 132 encuestas semiestructuradas en la región de Calakmul, Campeche, México, para analizar el consumo de leña. El índice de valor de importancia (IVI) de las especies aprovechadas en la región se obtuvo en nueve parcelas de 500 m², divididas en tres clases de edad sucesional: 7 a 10 años (clase uno), 11 a 20 años (clase dos), mayor de 20 años (clase tres).

Resultados y discusión: Se registraron 60 especies utilizadas como leña. No hubo correspondencia entre las especies preferidas y los primeros lugares del IVI. La especie más utilizada como leña fue *Haematoxylum campechianum* L. La riqueza de especies aumentó (59 a 68) y el número de individuos disminuyó (2 559 a 921) conforme la edad de la vegetación incrementó. La recolección de leña es una estrategia de subsistencia que se concentra en personas mayores; las prácticas tradicionales están en riesgo a mediano plazo.

Conclusión: El paisaje cultural y la preservación de los recursos forestales deben atenderse con estrategias de fomento y capacitación sobre el uso de leña como recurso energético.

Palabras clave: Consumo de leña; sucesión; biomasa; bioenergía; Calakmul.

Introduction

Wood is usually the main source of energy for heating and cooking in poor communities in developing countries, both urban and rural (Bailis, Drigo, Ghilardi, & Masera, 2015; Ghilardi, Guerrero, & Masera, 2007). With population growth, pressure on forest resources has increased, causing the degradation of forests, as well as the impoverishment of millions of people linked to forestry (Lacuna-Richman, 2012).

The use of firewood, worldwide, is usually done outside the legal channels of forest exploitation. One of the great challenges to understand the importance of firewood on the dynamics of forest ecosystems is the generation of formal information that offers real data about the volumes extracted. The data on firewood consumption are based on estimates, mainly because most of the production and consumption of firewood takes place outside the commercial channels, so the information is not recorded. However, it is estimated that the traditional use of firewood represents about 55 % of the world's wood harvest and comprises approximately 9 % of the primary energy used. Bonjour et al. (2013) estimated that 2 700 million people, mainly in developing countries, use firewood traditionally as the main energy input for domestic activities. Of the tropic regions, Latin America has the lowest firewood consumption (Boucher et al., 2011). In Mexico, approximately 19 million people in rural and marginalized areas used firewood as exclusive source for domestic energy supply (Masera & Fuentes, 2006), and 9 million use the resource together with liquefied petroleum gas (LP) for the same activities (Best et al., 2006). The main firewood consuming states in the country are: Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz and Yucatan (Ávila-Bello, 2002).

From the social point of view, the consumption of firewood has severe consequences on health, particularly in the development of lung diseases due to the incomplete combustion process that releases harmful pollutants (Lim et al., 2012). From the environmental point of view, the impacts on deforestation, degradation of ecosystems and global warming are still uncertain; however, it has been shown that the extraction of firewood has serious implications at local scale in the dynamics of tropical forests (Rudel, 2013) and that the burning of biomass contributes to global warming, through the release of methane and dioxide of carbon to the atmosphere (Bond et al., 2013; Ghilardi et al., 2007; Ramanathan & Carmichael, 2008).

Southern Mexico is a region where the interrelation between nature and culture has been built through the perspective of cultural landscapes, which are

Introducción

La madera suele ser la principal fuente de energía para la calefacción y cocción de alimentos en las comunidades pobres de los países en desarrollo, tanto urbanas como rurales (Bailis, Drigo, Ghilardi, & Masera, 2015; Ghilardi, Guerrero, & Masera, 2007). Con el crecimiento poblacional, la presión sobre los recursos forestales ha incrementado, ocasionando la degradación de los bosques, así como el empobrecimiento de millones de personas ligadas a la actividad forestal (Lacuna-Richman, 2012).

El uso de leña, a nivel mundial, se realiza normalmente al margen de los canales legales de aprovechamiento forestal. Uno de los grandes retos para entender la importancia de la leña sobre la dinámica de los ecosistemas forestales es la generación de información formal que ofrezca datos reales acerca de los volúmenes extraídos. Los datos sobre el consumo de leña se basan en estimaciones, debido principalmente a que la mayor parte de la producción y del consumo tienen lugar fuera de los canales comerciales, por lo que la información no se registra. No obstante, se estima que el uso tradicional de leña representa cerca de 55 % de la cosecha de madera en el mundo y constituye, aproximadamente, 9 % de la energía primaria utilizada. Bonjour et al. (2013) estimaron que 2 700 millones de personas, principalmente en los países en vías de desarrollo, usan la leña tradicionalmente como insumo principal energético para las actividades domésticas. De las regiones del trópico, América Latina presenta el menor consumo de leña (Boucher et al., 2011). En México, aproximadamente 19 millones de personas de áreas rurales y marginadas utilizan la leña como fuente exclusiva para la provisión de energía doméstica (Masera & Fuentes, 2006), y 9 millones utilizan el recurso de manera conjunta con gas butano licuado a presión (LP) para las mismas actividades (Best et al., 2006). Los principales estados consumidores de leña en el país son: Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán (Ávila-Bello, 2002).

Desde el punto de vista social, el consumo de leña tiene consecuencias severas en la salud, particularmente en el desarrollo de enfermedades pulmonares debido al proceso de combustión incompleta que libera contaminantes nocivos (Lim et al., 2012). Desde el punto de vista ambiental, aún son inciertos los impactos en la deforestación, la degradación de los ecosistemas y el calentamiento global; sin embargo, se ha demostrado que la extracción de leña tiene implicaciones serias a escala local en la dinámica de los bosques tropicales (Rudel, 2013) y que la quema de la biomasa contribuye al calentamiento global, a través de la liberación de metano y dióxido de carbono a la atmósfera (Bond et al., 2013; Ghilardi et al., 2007; Ramanathan & Carmichael, 2008).

a representation of the links between local rural communities and their natural environment (Fischer, Hartel, & Kuemmerle, 2012; Rössler, 2006); that is, the human-nature relationship is accepted, through ecological, biological, cultural or scenic values and conservation is emphasized as a result of this interaction (Phillips, 2002). In this sense, the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO, 2014) named the Calakmul Biosphere Reserve as a World Heritage, due to the ecological knowledge of its inhabitants for the maintenance of ecosystem services. In southern Mexico, a variety of traditional practices is carried out, such as agroforestry systems; slash-and-burn agriculture; the milpa system; family gardens (Gliessman, 2002; Toledo, 2008), to preserve food production; soil fertility; vegetation cover; water uptake; and firewood production as an energy component (Gómez & Méndez, 2007).

During colonial period in Mexico, cultural landscapes and traditional practices changed drastically; in the case of the Yucatan Peninsula, large areas of tropical forests were deforested for the extraction of precious woods and non-timber forest products (Sluyter, 2004). Consequently, the cultural and ecological elements were modified (Fischer et al., 2012), as well as the perception of ecosystem services by the inhabitants (Martín-López et al., 2012). The traditional knowledge of the rural communities is basic to elaborate strategies in the consumption of firewood. It has been observed that the lack of this resource is related to negative implications on family welfare, so it is relevant to explore the practices involved in the use (Brouwer, Hoorweg, & Van Liere, 1997), including the value it represents for the families in their uses and customs (Food and Agriculture Organization [FAO], 2016). In this context, the present study characterized the value of wood consumption and the factors that allow its use in the rural area, in the landscape of the region of Calakmul, Campeche, Mexico.

Materials and methods

Study area

The study was conducted in the south of the Yucatan peninsula, between Valentín Gómez Farías in Campeche, and Nicolás Bravo in Quintana Roo. The climate in the region is warm subhumid with average annual temperature of 24.9 °C and annual rainfall of 1 127 mm (Serrano-Altamirano, Ruiz-Corral, Rodríguez-Ávila, Medina-García, & Cano-García, 2007). Height above sea level varies between 95 and 265 m and the predominant vegetation is the evergreen tropical forest. (Miranda, 1978). The joint population of the localities is close to 8 000 inhabitants (Secretaría de Desarrollo Social [SEDESOL], 2013). The rural environment is dominant;

El sur de México es una región donde la interrelación entre naturaleza y cultura ha florecido a través de la perspectiva de los paisajes culturales, los cuales son una representación de los vínculos entre las comunidades rurales locales y su medio natural (Fischer, Hartel, & Kuemmerle, 2012; Rössler, 2006); es decir, se admite la relación ser humano-naturaleza, a través de valores ecológicos, biológicos, culturales o escénicos y se subraya a la conservación como resultado de esta interacción (Phillips, 2002). En este sentido, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2014) denominó la reserva de la Biosfera de Calakmul como Patrimonio Mundial, debido al conocimiento ecológico de sus habitantes para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos. En el sur de México se realiza una variedad de prácticas tradicionales, tales como los sistemas agroforestales; la agricultura de roza, tumba y quema; el sistema de milpa; los huertos familiares (Gliessman, 2002; Toledo, 2008), para preservar la producción de alimentos; la fertilidad del suelo; la cobertura vegetal; la captación de agua; y la producción de leña como componente energético (Gómez & Méndez, 2007).

En la época de la Colonia, los paisajes culturales y las prácticas tradicionales en México cambiaron drásticamente; en el caso de la península de Yucatán, grandes extensiones de bosques tropicales se deforestaron para la extracción de maderas preciosas y productos forestales no maderables (Sluyter, 2004). En consecuencia, los elementos culturales y ecológicos se modificaron (Fischer et al., 2012), así como la percepción de los servicios ecosistémicos por parte de los pobladores (Martín-López et al., 2012). El conocimiento tradicional de las comunidades rurales es básico para elaborar estrategias en el consumo de leña. Se ha observado que la carencia de este recurso está relacionada con implicaciones negativas en el bienestar familiar, por lo que es relevante explorar las prácticas involucradas en el aprovechamiento (Brouwer, Hoorweg, & Van Liere, 1997), incluyendo el valor que representa para las familias en sus usos y costumbres (Food and Agriculture Organization [FAO], 2016). En tal contexto, en la presente investigación se caracterizó el valor del consumo de leña y los factores que permiten su aprovechamiento en el ámbito rural, en el paisaje de la región de Calakmul, Campeche, México.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en el sur de la península de Yucatán, entre los poblados de Valentín Gómez Farías en Campeche, hasta Nicolás Bravo en Quintana Roo. El clima en la región es cálido subhúmedo con temperatura promedio anual de 24.9 °C y precipitación

the inhabitants are dedicated to field activities, mainly, and to those associated to the commerce and transfer of agricultural products inside and outside the region. The social organization of the populations is strongly rooted in the ejido, which dictates local consensual provisions for the use of natural resources.

Data collection

A total of 132 semi-structured surveys were conducted between April and July 2016, based on the guidelines suggested by FAO (2002), to analyze the consumption of firewood in rural locations. The survey is a technique that allows to obtain abundant information; however, it is necessary to systematize it correctly. In this case, two sets of variables were defined. The first set was formed by the following socioeconomic variables: age, gender, number of children and their age; extension of land and crops; fuel consumption at home, proportion and use thereof; amount of money saved through the use of firewood; gender and age of the family member who collects the firewood; means of transport used, wages and amounts paid; time used for the collection of firewood and periodicity of activity; species used and portion of the tree; type of stove used for cooking; and characteristics, advantages and disadvantages associated with firewood. The second set of variables included the particular characteristics of the species considered by users for their use, such as: taste conferred to food, calorific value, closeness, abundance and availability. Additionally, to know the relative importance of the species harvested, data from vegetation censuses in the Calakmul region were used. For that purpose, nine plots of 500 m² were established, divided into three classes of successional age: 7 to 10 years (class one), 11 to 20 years (class two), over 20 years (class three); each class with three repetitions. The taxonomic identity of each individual with a diameter at breast height (DAP) greater than or equal to 2 cm was recorded at each quadrant, from which basal area of each individual and its abundance were obtained.

Data analysis

The information was captured in Excel® spreadsheets, recording each of the data obtained in the 30 questions of the survey. The importance of the species was determined based on the number of mentions of each of them by the respondents. The information of the recorded taxonomic identity of the species was validated through taxonomic keys (Miranda, 1978) and the database from the Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. (CICY). With the information obtained in the sampling sites, the importance value index (IVI) was estimated, based on the specific density (number of individuals) and the basal area (biomass) of the species. The species use preferences were compared with the results of the IVI in order to determine if

anual de 1 127 mm (Serrano-Altamirano, Ruiz-Corral, Rodríguez-Ávila, Medina-García, & Cano-García, 2007). La altura sobre el nivel del mar varía entre 95 y 265 m y la vegetación predominante es la selva mediana subperennifolia (Miranda, 1978). La población conjunta de las localidades es cercana a los 8 000 habitantes (Secretaría de Desarrollo Social [SEDESOL], 2013). El ámbito rural es dominante; los pobladores se dedican a las actividades del campo, principalmente, y a las asociadas al comercio y traslado de productos agropecuarios dentro y fuera de la región. La organización social de las poblaciones está fuertemente arraigada a la figura del ejido, el cual dicta disposiciones locales consensuadas para el aprovechamiento de los recursos naturales.

Toma de datos

Se realizaron 132 encuestas semiestructuradas entre abril y julio de 2016, con base en los lineamientos sugeridos por la FAO (2002), para analizar el consumo de leña en localidades rurales. La encuesta es una técnica que permite obtener información abundante; sin embargo, es necesario sistematizarla de manera correcta. En este caso se definieron dos conjuntos de variables. El primer conjunto se formó por las variables socioeconómicas siguientes: edad, género, número y edad de los hijos; extensión de terrenos y cultivos; consumo de combustibles en el hogar, proporción y uso; cantidad de dinero ahorrado o ganado mediante el uso de la leña; género y edad del integrante de la familia que recolecta la leña; medio de transporte empleado, jornales y montos pagados; tiempo utilizado para la recolección de leña y periodicidad de la actividad; especies utilizadas y porción del árbol leñado; tipo de fogón usado para la cocción de alimentos; y características, ventajas y desventajas asociadas a la leña. El segundo conjunto de variables incluyó las características particulares de las especies consideradas por los usuarios para su utilización, tales como: sabor conferido a la comida, poder calorífico, cercanía, abundancia y disponibilidad. Adicionalmente, para conocer la importancia relativa de las especies aprovechadas, se utilizaron datos provenientes de censos de vegetación en la región de Calakmul. Para ello, se establecieron nueve parcelas de 500 m², divididas en tres clases de edad sucesional: 7 a 10 años (clase uno), 11 a 20 años (clase dos), mayor de 20 años (clase tres); cada clase con tres repeticiones. En cada cuadrante se registró la identidad taxonómica de cada individuo con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual de 2 cm, a partir del cual se obtuvo el área basal de cada individuo y su abundancia.

Análisis de datos

La información se capturó en hojas de cálculo de Excel®, registrando cada uno de los datos obtenidos en las 30

there is agreement between the species used and those of greater relative importance.

Results and discussion

The surveys recorded 60 species used as firewood. According to Figure 1, in vegetation sampling, the species with the highest IVI in each age class were: *Bursera simaruba* (L.) Sarg. (7 to 10 years), *Croton* sp. (11 to 20 years) and *Manilkara zapota* (L.) P. Royen (>20 years). The first 10 species with the highest IVI represented 69, 57 and 60 % in each age class. It was also observed that the species richness increased with the age of vegetation (7 to 10 years: 59 species, 11 to 20 years: 64 species; >20 years: 68 species), which agrees with reported studies (Báez-Vargas et al., 2017; Chowdhury, 2007) for the forests of the region. On the contrary, the number of individuals decreased with the age of sites (7 to 10 years: 2 559, 11 to 20 years: 1 220; > 20 years: 921), which was also observed by Díaz-Gallegos, García-Gil, Castillo-Acosta, and March-Mifsut (2001); Martínez and Galindo-Leal (2002); and Báez-Vargas et al. (2017).

The relationship between the species most commonly used as firewood and the IVI values (Table 1) indicate that, contrary to expectations, the most important species in the region are not the most widely used. For example, the most commonly used species (*Haematoxylum campechianum* L.) was found only in the youngest age class with an IVI of 0.1, unlike the IVI of *B. simaruba* (31.2), the most important species in class one. This differs from that found in the studies of Vázquez-Calvo, Cruz-León, Santos-Cervantes, Pérez-Torres, and Sangerman-Jarquín (2016) and de Yescas-Albarrán, Cruz-León, Gómez-Urbe, Lara-Bueno, and Maldonado-Torres (2016), who observed that *Acacia pennatula* (Schlecht. & Cham.) Benth. (cubata blanco), *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (matarrata) and *Lysiloma acapulcense* (Kunth) Benth. (tepehuaje) were the preferred species for fuelwood consumption and also the most abundant in the study regions.

With regard to the extraction of firewood, 95 % of respondents mentioned that the main source are trees, trunks and dead branches of standing or fallen trees; the rest indicated that they felled trees to obtain firewood. Firewood is the main fuel in rural communities in southeastern Mexico, which coincides with that reported by Del Amo (2002). People use firewood in different proportions, only 12 % depends entirely on firewood; that is, they do not occupy gas or electricity at home. Firewood is used mainly for cooking and heating water; 76 % of respondents indicated that they use firewood daily, while 7.6 % only occasionally; 4.5 % mentioned that they use firewood when cooking special meals or have special festivities; 71.4 % use stoves of different materials, mainly rustic; 24.6 % have

preguntas de la encuesta. La importancia de las especies se determinó con base en el número de menciones de cada una de ellas por parte de los encuestados. La información de la identidad taxonómica registrada de las especies se validó a través de claves taxonómicas (Miranda, 1978) y la base de datos del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. (CICY). Con la información obtenida en los sitios de muestreo, se calculó el índice del valor de importancia (IVI), a partir de la densidad específica (número de individuos) y el área basal (biomasa) de las especies. Las preferencias de uso de las especies se compararon con los resultados del IVI a fin de determinar si existe concordancia entre las especies utilizadas y las de mayor importancia relativa.

Resultados y discusión

En las encuestas se registraron 60 especies utilizadas para leña. De acuerdo con la Figura 1, en el muestreo de vegetación, las especies con mayor IVI en cada clase de edad fueron: *Bursera simaruba* (L.) Sarg. (7 a 10 años), *Croton* sp. (11 a 20 años) y *Manilkara zapota* (L.) P. Royen (>20 años). Las 10 especies con mayor IVI representaron 69, 57 y 60 % en cada clase de edad. También se observó que la riqueza de especies aumentó con la edad de la vegetación (7 a 10 años: 59 especies; 11 a 20 años: 64 especies; >20 años: 68 especies), lo cual concuerda con estudios reportados (Báez-Vargas et al., 2017; Chowdhury, 2007) para los bosques de la región. Por el contrario, el número de individuos disminuyó con la edad de los sitios (7 a 10 años: 2 559; 11 a 20 años: 1 220; >20 años: 921), lo cual también fue observado por Díaz-Gallegos, García-Gil, Castillo-Acosta, y March-Mifsut (2001); Martínez y Galindo-Leal (2002); y Báez-Vargas et al. (2017).

La relación entre las especies más utilizadas como leña y los valores del IVI (Cuadro 1) indican que, contrario a lo esperado, las especies más importantes de la región no son las de mayor uso. Por ejemplo, la especie más utilizada (*Haematoxylum campechianum* L.) solo se encontró en la clase de edad más joven con un IVI de 0.1, a diferencia del IVI de *B. simaruba* (31.2), la especie más importante en la clase uno. Esto difiere de lo encontrado en los estudios de Vázquez-Calvo, Cruz-León, Santos-Cervantes, Pérez-Torres, y Sangerman-Jarquín (2016) y de Yescas-Albarrán, Cruz-León, Gómez-Urbe, Lara-Bueno, y Maldonado-Torres (2016), quienes observaron que *Acacia pennatula* (Schlecht. & Cham.) Benth. (cubata blanco), *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (matarrata) y *Lysiloma acapulcense* (Kunth) Benth. (tepehuaje) fueron las especies preferidas para consumo de leña y también las más abundantes en las regiones de estudio.

Con respecto a la extracción de leña, 95 % de los encuestados mencionó que la fuente principal son árboles, troncos y ramas muertas de individuos en

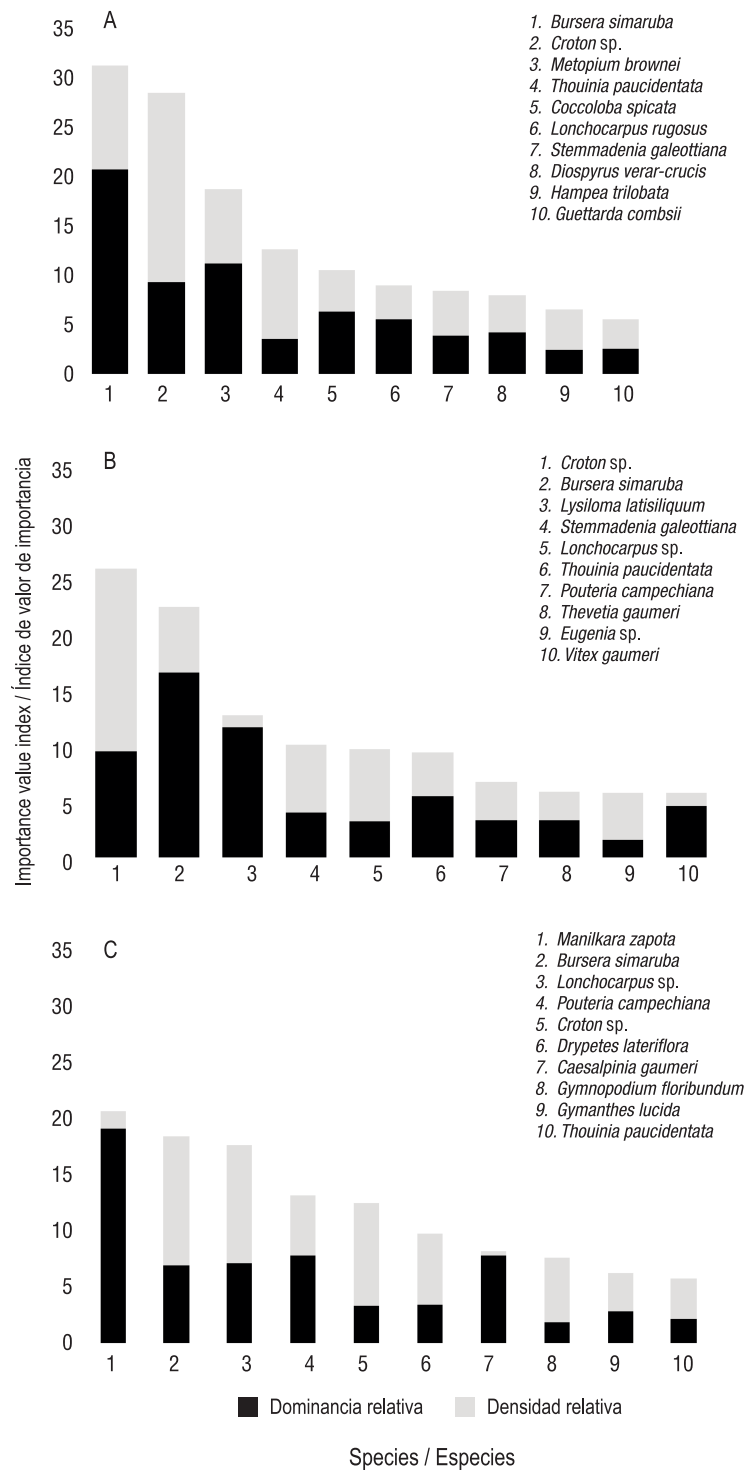


Figure 1. Importance value index (IVI) of the species in three classes of successional age: A) 7 to 10 years, B) 11 to 20 years and C) > 20 years.
Figura 1. Índice de valor de importancia (IVI) de las especies en tres clases de edad sucesional: A) 7 a 10 años, B) 11 a 20 años y C) > 20 años.

Table 1. Comparison of frequency of use (consumer references) and importance value index (IVI) of the species in three successional age classes (IVI 1 = 7 to 10 years, IVI 2 = 11 to 20 years, IVI 3 = >20 years).

Cuadro 1. Comparación de la frecuencia de uso (menciones de los consumidores) y del índice de valor de importancia (IVI) de las especies en tres clases de edad sucesional (IVI 1 = 7 a 10 años, IVI 2 = 11 a 20 años, IVI 3 = >20 años).

Common name/ Nombre común	Scientific name/ Nombre científico	Frequency of use (% references)/ Frecuencia de uso (% de menciones)	IVI 1	IVI 2	IVI 3
Tinto	<i>Haematoxylum campechianum</i> L.	50.0	0.1	0.0	0.0
Zapote	<i>Pouteria campechiana</i> (Kunth) Baehni	43.2	1.5	3.4	8.6
Cascarillo	<i>Croton</i> sp.	34.8	14.2	12.9	6.2
Jabín	<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg.	21.2	2.4	0.6	0.0
Tzalam	<i>Lysiloma latisiliquum</i> (L.) Benth.	18.2	2.3	6.4	0.0
Xuul	<i>Lonchocarpus</i> sp.	15.1	0.0	7.0	8.8
Zapotillo	<i>Pouteria unicularis</i> (Donn. Smith) Baehni	14.4	1.4	0.2	9.2
Chicozapote	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen	11.4	0.0	0.3	10.3
Laurelillo	<i>Nectandra</i> sp.	7.6	0.1	2.1	0.3
Machiche	<i>Lonchocarpus castilloi</i> Standley	7.6	0.0	2.7	0.0

wood stoves and only 4 % have firewood saving stoves (built with mud and sand), wood oven or grills.

Firewood is collected, for the most part, by men (81 %). The people who carry out this activity are between 40 and 60 years old, who represent 40 % of the work force, followed by the segment of 25 to 40 years old (21 %), older than 60 years old (16 %) and people aged between 10 and 25 years old (10 %). The demographic and socioeconomic data of the people surveyed are shown in Table 2.

Most wood is transported using motorized vehicle (55 %), followed by bicycle or tricycle (bicycle adapted with a transport container, 22 %), transport by foot (13.5 %), wheelbarrow (9 %) and animals (5.5 %). Firewood source supply is in own land or ejidos (60 %), friends's land (20 %) and in plots or courtyards (8 %). The respondents indicated that they invest about two hours in the collection of firewood (40 %), one to two (36 %), half an hour or less (15 %) or even all day (8 %). On average, the distance traveled for the collection of firewood is 5 km (49 %), followed by 1 to 5 km (27 %) and less than 1 km (23.5 %).

The most important factor in fuelwood consumption is the economic one; 68 % of respondents said so. In contrast, 65 % of the respondents indicated that the main disadvantage is the risk to health (Table 3). The

pie o caídos; el resto señaló haber derribado árboles para la obtención. La leña es el principal combustible en las comunidades rurales del sureste de México, lo cual coincide con lo reportado por Del Amo (2002). Las personas utilizan la leña en distintas proporciones, solo 12 % depende totalmente de la leña; es decir, no ocupan gas o electricidad en el hogar. La leña se utiliza principalmente para la cocción de alimentos y calentamiento de agua; 76 % de los encuestados indicó que utiliza leña diariamente, mientras que 7.6 % solo ocasionalmente; 4.5 % mencionó que emplea leña para la cocción de alimentos en comidas o festividades especiales; 71.4 % utiliza fogones de distintos materiales, principalmente rústicos; 24.6 % cuenta con estufas de leña y únicamente 4 % cuenta con estufas ahorradoras de leña (construidas a base de lodo y arena), horno de leña o asadores.

La leña es recolectada, en su mayoría, por personas del género masculino (81 %). Las personas que realizan esta actividad tienen entre 40 y 60 años, quienes representan 40 % de la fuerza de trabajo, seguidos del segmento de 25 a 40 años (21 %), mayores de 60 años (16 %) y personas con edad entre 10 y 25 años (10 %). Los datos demográficos y socioeconómicos de las personas encuestadas se muestran en el Cuadro 2.

La mayor parte de leña se transporta en vehículo motorizado (55 %), seguido de la bicicleta o triciclo

Table 2. Socioeconomic variables of 132 people surveyed who use firewood in southern Mexico.
Cuadro 2. Variables socioeconómicas de 132 personas encuestadas que utilizan leña en el sur de México.

Category / Categoría	Variables	Average (%) / Promedio (%)	Minimum-maximum / Mínimo-máximo
Demographic data / Datos demográficos	Age / Edad	47	17-83
	Number of children / Número de hijos	3.4	0-13
	Children's age / Edad de hijos	13.6	0.5-50
Main work / Ocupación principal	Field / Campo	45	
	Home / Hogar	32	
	Employees / Empleados	23	
Family background / Origen familiar	Yucatan peninsula / Península de Yucatán	60	
	South of Mexico / Sur de México	38	
	Other states / Otras entidades	2	
Scholarship / Escolaridad	Elementary school / Primaria	40	
	Junior High school / Secundaria	40	
	None / Ninguna	11	
	High school / Bachillerato	7	
	University / Superior	2	
Civil status / Estado civil	Married / Casados	58	
	Free union / Unión libre	19	
	Single / Solteros	14	
	Divorced / Divorciados	5	
	Widower / Viudos	3	

incomplete combustion of the biomass releases small particles of other components whose harmfulness to human health at home environment has already been documented (Smith, 2006). In suitable stoves it is possible the clean consumption of firewood and coal, which gives rise mainly to carbon dioxide and water; however, such conditions are difficult to achieve in poor rural areas where small, cheap stoves are used that are fueled with firewood. Firewood that does not burn properly is converted into carbon dioxide, resulting in products of incomplete combustion, basically carbon monoxide, but also benzene, butadiene, formaldehyde, polyaromatic hydrocarbons and many other compounds dangerous to health (Bonjour et al., 2013).

Regarding the monetary parameters associated with firewood, 57 % of respondents pay wages (equivalent to one working day) for the extraction of firewood, with an average of 124.00 Mexican pesos (from 50.00 MXN to 250.00 MXN). Of the total number of respondents, 78 % said that firewood represents savings and only 15 % reported some income; only 3.8 % of people allocate resources for the purchase of firewood on a

(bicicleta adaptada con un contenedor de transporte, 22 %), traslado a pie (13.5 %), carretilla (9 %) y animales de carga (5.5 %). La fuente de abasto de leña se encuentra en terrenos propios o terrenos en concesión ejidal (60 %), de amigos (20 %) y solares o patios (8 %). Los encuestados señalaron que invierten cerca de dos horas en la recolección (40 %), de una a dos (36 %), media hora o menos (15 %) o incluso todo el día (8 %). En promedio, la distancia recorrida para la recolección es 5 km (49 %), seguido de 1 a 5 km (27 %) y menos de 1 km (23.5 %).

El factor más importante en el consumo de leña como combustible es el económico; 68 % de los encuestados así lo refirieron. En contraste, 65 % de los encuestados indicaron que la desventaja principal es el riesgo para la salud (Cuadro 3). La combustión incompleta de la biomasa libera pequeñas partículas de otros componentes cuya nocividad para la salud humana en el ambiente del hogar ya ha sido documentada (Smith, 2006). En estufas y fogones adecuados es posible el consumo limpio de leña y carbón vegetal, que da lugar principalmente a dióxido de carbono y agua; sin embargo, tales condiciones son difíciles de alcanzar en

Table 3. Advantages and disadvantages of fuelwood consumption, indicated by 132 people surveyed in southern Mexico.**Cuadro 3. Ventajas y desventajas del consumo de leña como combustible, señaladas por 132 personas encuestadas en el sur de México.**

Factor	Advantages (%) / Ventajas (%)	Disadvantages (%) / Desventajas (%)	No mention (%) / No mencionó (%)
Availability / Disponibilidad	9.6	14.6	75.8
Economy / Economía	68.0	0	32.0
Flavor / Sabor	5.6	0	94.4
Health risks / Riesgos para la salud	0	65.0	35.0
Calorific value / Poder calorífico	12.8	11.3	75.9
Other reasons / Otras razones	4.0	9.1	86.9

regular basis. As pointed out by Alayón-Gamboa (2014); Neulinger, Alayón-Gamboa, and Reinhard-Vogl (2014); and Chí-Quej et al. (2014), the socioeconomic environment in the region encourages the use of natural resources as a subsistence strategy based on self-consumption, which maintains the practice of traditional land uses such as family gardens, cornfields, plots or activities silvicultural.

Although the extraction of firewood can be considered of low economic importance in terms of the net income that is perceived with respect to forestry, agriculture, livestock or beekeeping (González-Abraham, Schmook, & Calmé, 2007), extraction strategies can compensate the low income in the communities. This is due to the fact that about half of the people collect firewood at distances close to 5 km, which implies a moderate expenditure in the transport and use of fossil fuels.

The results also suggest that the preference for the selection of firewood is associated to biological attributes of species typical of the late phases of secondary succession. This agrees with the study of Del Amo (2002) in the same region of study, whose preferences were focused on tinto (*H. campechianum*), chicozapote (*M. zapota*), chacteviga (*Caesalpinia violacea* [Mill.] Standl.), jabin (*Piscidia piscipula* [L.] Sarg.) and zapote (*Pouteria campechiana* [Kunth] Baehni). In other assessments in southern Mexico similar trends were found on concentrated use in few species. Ramírez-López, Ramírez-Marcial, Cortina-Villar, and Castillo-Santiago (2012) found preference of 10 of 138 species in coffee communities of Chiapas; while Quiroz-Carranza and Orellana (2010) mention five preferred species of 41 in Yucatan. The preference in the use of firewood species is related to attributes and characteristics such

zonas rurales pobres donde se utilizan fogones pequeños y baratos que son alimentados con leña. La leña que no arde debidamente se convierte en dióxido de carbono dando lugar a productos de combustión incompleta, básicamente monóxido de carbono, pero también benceno, butadieno, formaldehído, hidrocarburos poliaromáticos y muchos otros compuestos peligrosos para la salud (Bonjour et al., 2013).

Respecto a los parámetros monetarios asociados a la leña, 57 % de las personas encuestadas pagan jornales (equivalente a una jornada de trabajo) para la extracción de leña, con un promedio de 124.00 MXN (de 50.00 MXN a 250.00 MXN). Del total de encuestados, 78 % manifestó que la leña representa ahorro y únicamente 15 % informó de algún ingreso; solamente 3.8 % de las personas destina recursos para la compra de leña de manera habitual. Tal como lo han señalado Alayón-Gamboa (2014); Neulinger, Alayón-Gamboa, y Reinhard-Vogl (2014); y Chí-Quej et al. (2014), el entorno socioeconómico en la región fomenta el uso de los recursos naturales como estrategia de subsistencia basada en el autoconsumo, lo que mantiene la práctica de usos tradicionales de la tierra como el huerto familiar, la milpa, el solar o las actividades silvícolas.

Aunque la extracción de leña puede considerarse de baja importancia económica en términos de los ingresos netos que se perciben respecto al aprovechamiento forestal, agricultura, ganadería o apicultura (González-Abraham, Schmook, & Calmé, 2007), las estrategias de extracción pueden compensar los bajos ingresos en las comunidades. Lo anterior debido a que cerca de la mitad de las personas recolectan leña en distancias cercanas a los 5 km, lo que implica un gasto moderado en el transporte y uso de combustibles fósiles.

as availability, economic and energy implications, in accordance with the study of Escobar-Ocampo, Niños-Cruz, Ramírez-Marcial, and Yépez-Pacheco (2009) in the central area of Chiapas.

The results indicate that, contrary to what is proposed by different authors such as Dufraisie (2012) and Piqué (1999), there is no direct relationship between the dynamics of plant communities and human preferences over species as a source of firewood, since in the south of the Yucatan Peninsula, a great variety of species of different successional phases are used, indistinctly. However, potential fuel capitals increase when extracting firewood from trunks and branches of dead or sick trees that have diminished their carbon capture capacity, which would decrease the intra- and interspecific competition. The effect of extraction of woody material on carbon sequestration and soil nutrients in fragmented forests has been documented by García-Oliva et al. (2014), from the quantification of soil organic carbon, while the high contribution of tropical secondary forests in carbon sequestration has been shown by Poorter et al. (2016)

Modifications in the structure and composition of the species community cause users to adopt different strategies in the use of the resource. For example, the benefits of necromass extraction have been widely reported in agroforestry systems, as well as in multi-stratum crops, since greater growth in biomass of established species has been observed. Chí-Quej et al. (2014) also suggest that work in this type of crops is a work alternative that contributes to the equitable distribution of work among family members.

The results coincide with studies conducted through interviews and questionnaires in other regions of the world. Martín-López et al. (2012) evaluated the perception of society and sociocultural values on ecosystem services and functions in communities of the Iberian Peninsula; Agbenyega, Burgess, Cook, and Morris (2009) did something similar in forests in England, and Iftexhar and Takama (2008) analyzed the ecosystem benefits provided by mangroves in Bangladesh. The surveys applied in the present study are a simple and practical application tool that allows the approximation of two aspects in the exploration of cultural landscapes, as shown by Hartel et al. (2014) in rural communities of Romania, through socio-economic, cultural and biological data.

It is important to highlight that the cultural landscape analyzed in this study is in danger due to different factors. The young population is not actively involved in traditional land use practices; aspirations of the new generations do not find satisfaction in rural environments, as indicated by Oroszi (2004). The majority of the owners of the land are people over 40 years old, which puts at risk the permanence of

Los resultados también sugieren que la preferencia para la selección de leña se asocia a atributos biológicos de especies típicas de las fases tardías de sucesión secundaria. Esto concuerda con el trabajo de Del Amo (2002) en la misma región de estudio, cuyas preferencias se centraron en el tinto (*H. campechianum*), chicozapote (*M. zapota*), chacteviga (*Caesalpinia violacea* [Mill.] Standl.), jabín (*Piscidia piscipula* [L.] Sarg.) y zapote (*Pouteria campechiana* [Kunth] Baehni). En otras evaluaciones en el sur de México se encontraron tendencias similares acerca del uso concentrado en pocas especies. Ramírez-López, Ramírez-Marcial, Cortina-Villar, y Castillo-Santiago (2012) encontraron preferencia de 10 de 138 especies en comunidades cafetaleras de Chiapas; mientras que Quiroz-Carranza y Orellana (2010) mencionan cinco especies preferidas de 41 en Yucatán. La preferencia en el uso de las especies para leña se relaciona con atributos y características como la disponibilidad, implicaciones económicas y energéticas, en concordancia con el trabajo de Escobar-Ocampo, Niños-Cruz, Ramírez-Marcial, y Yépez-Pacheco (2009) en la zona centro de Chiapas.

Los resultados indican que, contrariamente a lo que plantean distintos autores como Dufraisie (2012) y Piqué (1999), no existe una relación directa entre la dinámica de las comunidades vegetales y las preferencias humanas sobre las especies como fuente de leña, ya que en el sur de la península de Yucatán se usa, indistintamente, una gran variedad de especies de distintas fases sucesionales. No obstante, los capitales de combustible potencial incrementan al extraer leña de troncos y ramas de individuos muertos o enfermos que han disminuido su capacidad para la captura de carbono, lo cual disminuiría la competencia intra e interespecífica. El efecto de la extracción de material leñoso sobre el secuestro de carbono y los nutrientes del suelo en bosques fragmentados ha sido documentado por García-Oliva et al. (2014), a partir de la cuantificación de carbono orgánico del suelo, en tanto que la contribución elevada de los bosques secundarios tropicales en el secuestro de carbono ha sido mostrada por Poorter et al. (2016).

Las modificaciones en la estructura y la composición de la comunidad de especies ocasionan que los usuarios adopten estrategias distintas en el uso del recurso. Por ejemplo, los beneficios de la extracción de necromasa han sido ampliamente reportados en los sistemas agroforestales, así como en cultivos multiestrato, ya que se ha observado crecimiento mayor en biomasa de las especies establecidas. Chí-Quej et al. (2014) sugieren, además, que el trabajo en este tipo de cultivos es una alternativa laboral que contribuye a la distribución equitativa del trabajo entre los miembros de la familia.

Los resultados coinciden con estudios realizados a través de entrevistas y cuestionarios en otras regiones

ancestral customs and uses in the medium term. In addition, there is a latent threat to ecosystems, due to the expansion of urban, agricultural or livestock areas, which has already occurred in previous decades in the Yucatan Peninsula. Finally, it is important to point out that, although the extraction of firewood *per se* is not cause but an effect of deforestation (due to the amount of available waste derived from forest extraction), it has been related as a factor of disturbance or degradation of ecosystems (González-Espinosa, Ochoa-Gaona, Ramírez-Marcial, & Quintana-Ascencio, 1997; Masera, Astier, & López-Ridaura, 2000).

Conclusions

This research is one of the few studies that establishes the relationship between the preferences in the consumption of firewood in a region and the relative importance of the species in the ecosystem. The species used as a source of firewood do not correspond to those that have the highest IVI in the region. Some attributes of the preferred species are availability in the land, calorific value or the flavor of the food associated with cooking using firewood. The socioeconomic dynamics of the communities in the south of the Yucatan peninsula suggest that collecting firewood and using it as fuel is a subsistence strategy; in addition, it represents savings for the activities that are indispensable at home. The segment of the population dedicated to the collection of firewood is made up of older people, while the young population is not actively linked to such activity. As a result, traditional practices associated with the use of firewood may be at risk in the medium term. The cultural landscape and the preservation of the forest resources of this region of Mexico should be addressed with strategies of promotion and training on the use of firewood as an important energy resource.

Acknowledgments

The first author thanks El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) and the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) for the national grant that allowed the realization of the Master's studies with the project "Potential for the use of firewood in secondary forests managed in the south of the state of Campeche". The author also thanks the Commissioner of Communal Lands of Laguna Om, Quintana Roo. To Juan Manuel Herrera, Albert Chan and Alicia Trujillo for their technical and logistical support. To Francisco Guízár Vázquez, Jesús Chí, Birgit Inge Schmook, for their comments and contributions in the present manuscript.

End of English version

del mundo. Martín-López et al. (2012) evaluaron la percepción de la sociedad y los valores socioculturales sobre las funciones y servicios ecosistémicos en comunidades de la península Ibérica; Agbenyega, Burgess, Cook, y Morris (2009) hicieron algo similar en bosques de Inglaterra, e Iftekhar y Takama (2008) analizaron los beneficios ecosistémicos que proveen los manglares en Bangladesh. Las encuestas aplicadas en el presente trabajo son un instrumento de aplicación sencillo y práctico que permite la aproximación sobre dos vertientes en la exploración de los paisajes culturales, tal como lo mostraron Hartel et al. (2014) en comunidades rurales de Rumania, a través de datos socioeconómicos, culturales y biológicos.

Es importante destacar que el paisaje cultural analizado en este trabajo se encuentra en peligro por distintos factores. La población joven no se involucra activamente en las prácticas tradicionales del uso de la tierra; las aspiraciones de las nuevas generaciones no encuentran satisfacción en los entornos rurales, como lo ha indicado Oroszi (2004). La mayoría de los poseedores de los terrenos son personas mayores de 40 años, lo cual pone en riesgo la permanencia de usos y costumbres ancestrales a mediano plazo. Además, existe amenaza latente sobre los ecosistemas, debido a la ampliación de áreas urbanas, agrícolas o ganaderas, lo cual ya ha ocurrido en décadas anteriores en la península de Yucatán. Finalmente, es importante señalar que, aunque la extracción de leña *per se* no es causa sino un efecto de la deforestación (por la cantidad de residuos disponibles derivados de la extracción forestal), se ha relacionado como factor de perturbación o degradación de los ecosistemas (González-Espinosa, Ochoa-Gaona, Ramírez-Marcial, & Quintana-Ascencio, 1997; Masera, Astier, & López-Ridaura, 2000).

Conclusiones

Esta investigación es uno de los pocos trabajos que establece la relación entre las preferencias en el consumo de leña de una región y la importancia relativa de las especies en el ecosistema. Las especies utilizadas como fuente de leña no corresponden a las que tienen el mayor IVI en la región. Algunos atributos de las especies preferidas son la disponibilidad en los terrenos, el poder calórico o el sabor de los alimentos asociado a la cocción con leña. La dinámica socioeconómica de las comunidades en el sur de la península de Yucatán sugiere que la recolección de leña y su uso como combustible es una estrategia de subsistencia; además, representa ahorro para las actividades que son indispensables en el hogar. El segmento de la población dedicado a la recolección de leña se conforma por personas mayores, mientras que la población joven no se vincula activamente con tal actividad. En consecuencia, las prácticas tradicionales

References / Referencias

- Agbenyega, O., Burgess, P. J., Cook, M., & Morris, J. (2009). Application of an ecosystem function framework to perceptions of community woodlands. *Land Use Policy*, 26, 551–557. doi: 10.1016/j.landusepol.2008.08.011
- Alayón-Gamboa, J. A. (2014). Contribución del huerto familiar a la seguridad alimentaria de las familias campesinas de Calakmul, Campeche. In J. A. Alayón-Gamboa, & A. Morón-Ríos (Eds.), *El huerto familiar: Un sistema socioecológico y biocultural para sustentar los modos de vida campesinos en Calakmul, México* (pp. 15–39). México: El Colegio de la Frontera Sur.
- Ávila-Bello, C. H. (2002). La leña: El energético rural en tres micro-regiones del sureste de México. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 3(1), 99–101. Retrieved from http://srpma.xoc.uam.mx/tabla_contenido.php?id=59
- Báez-Vargas, A. M., Esparza-Olguín, L., Martínez-Romero, E., Ochoa-Gaona, S., Ramírez-Marcial, N., & González-Valdivia, N. (2017). Effect of management on tree diversity in secondary vegetation in the Biosphere Reserve of Calakmul, Campeche, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 65(1), 41–53. doi: 10.15517/rbt.v65i1.20806
- Bailis, R., Drigo, R., Ghilardi, A., & Masera, O. (2015). The carbon footprint of traditional woodfuels. *Nature Climate Change*, 5, 266–272. doi: 10.1038/nclimate2491
- Best, B., Gómez, M. I. E., Aguillón, M., Arvizu, J. L., Díaz, R., Gamiño, C., & Berrueta, V. M. (2006). Aplicaciones de las tecnologías bioenergéticas. In O. Masera (Ed.), *La bioenergía en México, un catalizador del desarrollo sustentable*. México: Comisión Nacional Forestal & Mundi-Prensa.
- Bond, T. C., Doherty, S. J., Fahey, D. W., Forster, P. M., Berntsen, T., DeAngelo, B. J., ...Kinne, S. (2013). Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(11), 5380–5552. doi: 10.1002/jgrd.50171
- Bonjour, S., Adair-Rohani, H., Wolf, J., Bruce, N. G., Mehta, S., Prüss-Ustün, A., ...Smith, K. R. (2013). Solid fuel use for household cooking: Country and regional estimates for 1980–2010. *Environmental Health Perspectives*, 121(7), 784–790. doi: 10.1289/ehp.1205987
- Boucher, D., Elias, P., Lininger, K., May-Tobin, C., Roquemore, S., & Saxon, E. (2011). *The root of the problem: What's driving tropical deforestation today*. Cambridge, Massachusetts, USA: Union of Concerned Scientists. Retrieved from http://www.ucsusa.org/sites/default/files/legacy/assets/documents/global_warming/UCS_RootoftheProblem_DriversofDeforestation_FullReport.pdf
- Brouwer, I., Hoorweg, J., & Van Liere, M. (1997). When households run out of fuel: responses of rural households to decreasing fuelwood availability, Ntcheu District, Malawi. *World Development*, 25(2), 255–266. doi: 10.1016/S0305-750X(96)00100-3
- asociadas al uso de la leña pueden estar en riesgo a mediano plazo. El paisaje cultural y la preservación de los recursos forestales de esta región de México deberían ser atendidos con estrategias de fomento y capacitación sobre el uso de leña como recurso energético importante.
- ## Agradecimientos
- El primer autor agradece a El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca nacional que permitió la realización de los estudios de Maestría con el proyecto “Potencial de aprovechamiento de leña en bosques secundarios manejados en el sur del estado de Campeche”. Al Comisariado Ejidal de Laguna Om, Quintana Roo. A Juan Manuel Herrera, Albert Chan, Alicia Trujillo y Luis Candelario Sánchez Pérez por su apoyo técnico y logístico. A Francisco Guízar Vázquez, Jesús Chí, Birgit Inge Schmook, por sus comentarios y contribuciones en el presente manuscrito.
- Fin de la versión en español*
-
- Chí-Quej, J., Alayón-Gamboa, J. A., Rivas-Platero, G. G., Gutiérrez-Montes, I., Detlefsen, G., & Kú-Quej, V. M. (2014). Contribución del huerto familiar a la economía campesina en Calakmul, Campeche. In J. A. Alayón-Gamboa, & A. Morón-Ríos (Eds.), *El huerto familiar: Un sistema socioecológico y biocultural para sustentar los modos de vida campesinos en Calakmul, México* (pp. 75–89). México: El Colegio de la Frontera Sur.
- Chowdhury, R. (2007). Household land management and biodiversity: secondary succession in a forest agriculture mosaic in southern Mexico. *Ecology and Society* 12(2), 31. Retrieved from <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art31/>
- Del Amo, R. S. (2002). *La leña: el energético rural en tres micro-regiones del sureste de México*. México: Editorial Plaza y Valdés - Programa Acción Forestal Tropical - Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología.
- Díaz-Gallegos, J., García-Gil, G., Castillo-Acosta, O., & March-Mifsut, I. (2001). Uso del suelo y transformación de selvas en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México (parte 2). *Investigaciones Geográficas*, 44, 39–53. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56904407>
- Dufraisie, A. (2012). Firewood and woodland management in their social, economic and ecological dimensions. In E. Badal, Y. Carrión, M. Macías, & N. Ntinou (Eds.), *Wood and charcoal evidence for human and natural history* (pp. 65 – 73). España: Universitat de València. Retrieved from <https://ojs.uv.es/index.php/saguntumextra/article/view/2313/1898>
- Escobar-Ocampo, M. A., Niños-Cruz, J. A., Ramírez-Marcial, N., & Yépez-Pacheco, C. (2009). Diagnóstico participativo

- del uso, demanda y abastecimiento de leña en una comunidad zoque del centro de Chiapas, México. *Ra Ximhai*, 5(2), 201–223. Retrieved from <http://www.ejournal.unam.mx/rxm/vol05-02/RXM005000206.pdf>
- Fischer, J., Hartel, T., & Kuemmerle, T. (2012). Conservation policy in traditional farming landscapes. *Conservation Letters*, 5, 167–175. doi: 10.1111/j.1755-263X.2012.00227.x
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2002). *Información sobre madera para energía en América Latina*. Santiago, Chile: Author.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2016). *Forestry for a low-carbon future integrating forests and wood products in climate change strategies*. Rome, Italy: Author. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i5857e.pdf>
- García-Oliva, F., Covalada, S., Gallardo, J. F., Prat, C., Velázquez-Durán, R., & Etchevers, J. D. (2014). La extracción de leña afecta los almacenes de carbono y nutrientes en fragmentos de bosques templados en el Eje Transvolcánico Mexicano. *Bosque*, 35(3), 311–324. doi: 10.4067/S0717-92002014000300006
- Ghilardi, A., Guerrero, G., & Masera, O. (2007). Spatial analysis of residential fuelwood supply and demand patterns in Mexico using the WISDOM approach. *Biomass and Bioenergy*, 31(7), 475–491. doi: 10.1016/j.biombioe.2007.02.003
- Gliessman, S. R. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Costa Rica: CATIE.
- Gómez, I., & Méndez, V. E. (2007). *El caso de la asociación de comunidades forestales de Petén (ACOFOP). Análisis de contexto*. Jakarta, Indonesia: CIFOR y PREIMA. Retrieved from http://www.cifor.org/acm/download/pub/grassroot/Peten_Spanish%20all.pdf
- González-Abraham, A., Schmook, B., & Calmé, S. (2007). Distribución espacio-temporal de las actividades extractivas en los bosques del ejido Caobas, Quintana Roo. *Investigaciones Geográficas*, 62, 70–86. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n62/n62a5.pdf>
- González-Espinosa, M., Ochoa-Gaona, S., Ramírez-Marcial, N., & Quintana-Ascencio, P. F. (1997). Contexto vegetacional y florístico de la agricultura. In M. R. Parra, & B. M. Díaz (Eds.), *Los Altos de Chiapas: Agricultura y crisis rural. Tomo 1: Los recursos naturales* (pp. 85–117). México: El Colegio de la Frontera Sur.
- Hartel, T., Fischer, J., Câmpăanu, C., Milcu, A. I., Hanspach, J., & Fazey, I. (2014). The importance of ecosystem services for rural inhabitants in a changing cultural landscape in Romania. *Ecology and Society*, 19(2), 42. doi: 10.5751/ES-06333-190242
- Iftekhar, M. S., & Takama, T. (2008). Perceptions of biodiversity, environmental services, and conservation of planted mangroves: a case study of Nijhum Dwip Island, Bangladesh. *Wetlands Ecology and Management*, 16, 119–137. doi: 10.1007/s11273-007-9060-8
- Lacuna-Richman, C. (2012). *Growing from seed: An introduction to social forestry*. Netherlands: Springer.
- Lim, S. S., Vos, T., Flaxman, A. D., Danaei, G., Shibuya, K., Adair-Rohani, H., ...Ezzati, M. (2012). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet*, 380(9859), 2224–2260. doi: 10.1016/S0140-6736(12)61766-8
- Martín-López, B., Iniasta-Arandia, I., García-Llorente, M., Palomo, I., Casado-Arzuaga, I., García del Amo, D., Gómez-Baggethum, E., ...Montes, C. (2012). Uncovering ecosystem service bundles through social preferences. *PloS ONE*, 7(6), e38970. doi: 10.1371/journal.pone.0038970
- Martínez, E., & Galindo-Leal, C. (2002). La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, descripción y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (71), 7–32. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57707101>
- Masera, O., Astier, M., & López-Ridaura, S. (2000). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS*. México: Mundi-Prensa S. A. de C. V.
- Masera, O., & Fuentes, G. (2006). Introducción. In O. Masera (Ed.), *La bioenergía en México, un catalizador del desarrollo sustentable*. México: Comisión Nacional Forestal & Mundi-Prensa.
- Miranda, F. (1978). *Vegetación de la península yucateca; rasgos fisiográficos, la vegetación*. México: Colegio de Postgraduados.
- Neulinger, K. A., Alayón-Gamboa J. A., & Reinhard-Vogl, Ch. (2014). Uso de la diversidad vegetal para su conservación en los huertos familiares de grupos étnicos en Calakmul, Campeche. In J. A. Alayón-Gamboa, & A. Morón-Ríos (Eds.), *El huerto familiar: Un sistema socioecológico y biocultural para sustentar los modos de vida campesinos en Calakmul, México* (pp. 56–73). México: El Colegio de la Frontera Sur.
- Oroszi, S. (2004). The forest management of Transylvanian Saxons. *Erdészettörténeti közlemények*, 63, 1–153. Retrieved from <http://epa.oszk.hu/02400/02451/00078/pdf/>
- Phillips, A. (2002). *Directrices de manejo para las áreas protegidas de la categoría V de la UICN: Paisajes terrestres y marinos protegidos*. Reino Unido: UICN Gland, Suiza and Cambridge. Retrieved from <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/PAG-009-Es.pdf>
- Piqué, H. R. (1999). *Producción y uso del combustible vegetal: una evaluación arqueológica (vol. 3)*. Salamanca, España: Editorial CSIC-CSIC Press.
- Poorter, L., Bongers, F., Aide, T. M., Zambrano, A. M. A., Balvanera, P., Becknell, J. M., ...Craven, D. (2016). Biomass resilience of Neotropical secondary forests. *Nature*, 530, 211–214. doi: 10.1038/nature16512
- Quiroz-Carranza, J., & Orellana, R. (2010). Uso y manejo de leña combustible en viviendas de seis localidades de Yucatán, México. *Madera y Bosques*, 16(2), 47–67 Retrieved from <http://scielo.unam.mx/pdf/mb/v16n2/v16n2a4.pdf>
- Ramanathan, V., & Carmichael, G. (2008). Global and regional climate changes due to black carbon. *Nature Geoscience*, 1(4), 221–227. doi: 10.1038/ngeo156
- Ramírez-López, J. M., Ramírez-Marcial, N., Cortina-Villar, H. S., & Castillo-Santiago, M. Á. (2012). Déficit de leña

- en comunidades cafetaleras de Chenalho, Chiapas. *Ra Ximhai*, 8(3), 27–39. Retrieved from <http://revistas.unam.mx/index.php/rxm/article/view/53757/47857>
- Rössler, M. (2006). World heritage cultural landscapes: a UNESCO flagship programme 1992-2006. *Landscape Research*, 31(4), 333–353. doi: 10.1080/01426390601004210
- Rudel, T. K. (2013). The national determinants of deforestation in sub-Saharan Africa. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 368(1625). doi: 10.1098/rstb.2012.0405
- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). (2013). Catálogo de entidades. Sistema de apoyo para la planeación. Unidad de Microregiones. Dirección General Adjunta de Planeación Microregional. Retrieved November 30, 2017, from <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/>
- Serrano-Altamirano, V., Ruiz-Corral, A., Rodríguez-Ávila, J. H., Medina-García, G., & Cano-García, M. A. (2007). *Estadísticas climáticas básicas de la península de Yucatán (periodo 1961-2003)*. Oaxaca, México: INIFAP-SAGARPA.
- Sluyter, A. (2004). *Los orígenes ecológicos y las consecuencias de la ganadería en la Nueva España durante el siglo XVI. De las marismas de Guadalquivir a la costa de Veracruz: Cinco perspectivas sobre cultura ganadera*. Veracruz, México: Instituto Veracruzano de Cultura.
- Smith, K. R. (2006). El uso doméstico de leña en los países en desarrollo y sus repercusiones en la salud. *Unasylva*, 57(224), 41–44. Retrieved from <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/009/a0789s/a0789s09.pdf>
- Toledo, V. M. (2008). Uso múltiple y biodiversidad entre los mayas yucatecos, México. *Interciencia*, 33(5), 345–352. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/339/33933505.pdf>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2014). Decisions adopted by the World Heritage Committee at its 38th session (Doha, Qatar, 2014). Retrieved from <http://whc.unesco.org/archive/2014/whc14-38com-16en.pdf>
- Vázquez-Calvo, M. A., Cruz-León, A., Santos-Cervantes, C., Pérez-Torres, M. A., & Sangerman-Jarquín, D. M. (2016). Estufas Lorena: uso de leña y conservación de la vegetación. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 16, 3159–3172. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263146726001>
- Yescas-Albarrán, C. A., Cruz-León, A., Gómez-Uribe, M., Lara-Bueno, A., & Maldonado-Torres, R. (2016). Árboles nativos con potencial dendroenergético para el diseño de tecnologías agroforestales en Tepalcingo, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 16, 3301–3313. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263146726012>