

Firewood consumption in traditional tourist diners in a biocultural landscape in southeastern Mexico

Consumo de leña en comedores turísticos tradicionales en un paisaje biocultural del sureste de México

Rubén Martínez-Camilo^{1*}; Juana P. Hernández-Rodríguez²;
Guadalupe de Jesús Grajales-López¹; Nayely Martínez-Meléndez³;
Manuel Martínez-Meléndez^{2,4}

¹Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Unidad Villa Corzo, Facultad de Ingeniería. Carretera Villa Corzo a ejido Monterrey km 3. C. P. 30520. Villa Corzo, Chiapas, México.

²EIZIA. Calle C2 núm. 310. C. P. 29045. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

³Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural. Orquidario y Jardín Botánico "Comitán". Carretera Comitán – Las Margaritas km 2+500. C. P. 30106. Comitán de Domínguez, Chiapas, México.

⁴Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Instituto de Ciencias Biológicas. Libramiento Norte Poniente 1150. C. P. 29039. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

*Corresponding author: ruben.martinez.cam@gmail.com; tel.: +52 961 198 8975.

Abstract

Introduction. Fuelwood is one of the most important energy sources in rural areas. Studies focus on evaluating firewood usage patterns only in the domestic sector, but there is scarce attention given to firewood as an economic activity.

Objective. To determine the consumption patterns and preferences for firewood use in two rest areas in Lagunas de Montebello National Park, Mexico.

Materials and methods. Firewood consumption was assessed by semi-structured interviews and direct measurement. Indices of cultural use value and relative importance (biomass and frequency) were used to determine the most important species. Differences in consumption patterns throughout the year were analyzed with Student's t-tests.

Results and discussion. The diners' kitchens depend on the purchase of firewood as the main energy resource with a monthly investment of 1408.33 ± 836.7 MXN and an average consumption per diner of 21.1 ± 10.1 kg·day⁻¹. Consumption varied between low vs. high season ($t = 2.4478$, $p = 0.018$), being higher in high season (25.3 ± 10.0 kg·day⁻¹ vs. 19.1 ± 9.6 kg·day⁻¹). The most important species, culturally valued for their use in cooking, were *Pinus* sp., *Quercus sapotifolia* Liebm., *Liquidambar styraciflua* L., and *Quercus* sp.

Conclusion. The diversified use of firewood is changing to a specific and simplified one, which could promote the illegal trade of the product. Reforestation programs and dendroenergy plantations are needed to support the sustainable use of this resource.

Keywords: Lagunas de Montebello; *Liquidambar styraciflua*; *Pinus*; *Quercus*; energy resource.

Resumen

Introducción. La leña es una de las fuentes energéticas más importantes en el medio rural. Los estudios hacen énfasis en evaluar los patrones de uso de leña solo en el sector doméstico, pero hay poca atención como actividad económica.

Objetivo. Determinar los patrones de consumo y preferencias de uso de leña en dos comedores turísticos del Parque Nacional Lagunas de Montebello, México.

Materiales y métodos. El consumo de leña se evaluó con entrevistas semiestructuradas y con medición directa. Para determinar las especies más importantes se usaron índices de valor de uso cultural y de importancia relativa (biomasa y frecuencia). Con pruebas t-Student se analizaron las diferencias en los patrones de consumo a lo largo del año.

Resultados y discusión. Las cocinas dependen de la compra de leña como el principal recurso energético con una inversión mensual de 1408.33 ± 836.7 MXN y un consumo promedio por comedor de 21.1 ± 10.1 kg·día⁻¹. El consumo varió entre la temporada baja vs. alta ($t = 2.4478$, $p = 0.018$), siendo mayor en la temporada alta (25.3 ± 10.0 kg·día⁻¹ vs. 19.1 ± 9.6 kg·día⁻¹). Las especies más importantes, valoradas culturalmente por su uso en la cocina, fueron *Pinus* sp., *Quercus sapotifolia* Liebm., *Liquidambar styraciflua* L. y *Quercus* sp.

Conclusión. El uso diversificado de la leña está cambiando a uno específico y simplificado que podría promover el comercio ilegal del producto. Se requieren programas de reforestación y de plantaciones dendroenergéticas que favorezcan el uso sustentable del recurso.

Palabras clave: Lagunas de Montebello; *Liquidambar styraciflua*; *Pinus*; *Quercus*; recurso energético.

Introduction

Fuelwood is one of the oldest and most traditionally used bioenergy resources by humans (Guo et al., 2015); its main use is as fuel for food preparation, home heating and charcoal or energy production for other activities (e.g., agro-industry or artisanal activities; Masera et al., 2015). Fuelwood, together with other biomass-derived products, remains the main source of renewable energy and accounts for 13 % of global energy consumption (International Energy Agency [IEA], 2023). This figure suggests the current importance of this type of energy resource, mainly in rural areas of countries in the tropical region, where fuelwood is more affordable and influences the well-being and livelihoods of families (Calvo et al., 2021; Schilman et al., 2021).

In Mexico, firewood is one of the most important traditional energy sources compared to fossil fuel energy. In recent decades, firewood consumption has been reduced due to the combined use with liquefied petroleum gas (LP) (Lagunes-Díaz et al., 2015). Despite this, firewood remains important, and it is estimated that 67 % of rural households still use firewood for cooking (Schilman et al., 2021). Projections indicate that the use of this energy resource will persist for much of the Mexican population (Serrano-Medrano et al., 2019). Patterns of use in the domestic sector are heterogeneous and are influenced by several factors, for which various hypotheses have been proposed. For example, the magnitude of fuelwood used depends on the socioeconomic context of families, the availability of the resource in ecosystems, and species preferences for its cultural value and energy efficiency (Bello-Román et al., 2023; Cruz et al., 2020; Salgado-Terrones et al., 2017; Serrano-Medrano et al., 2019).

The use of firewood is also relevant outside the domestic context and has been little explored in studies that evaluate consumption patterns. In some communities, firewood is an input that generates economic resources and determines the subsistence strategies of families; for example, when firewood is the primary energy source in economic activities such as pottery, the production of clay products (bricks) or in restaurants or traditional or tourist diners. The use of firewood in many cases substitutes other energy resources such as LP gas, because it is cheaper and more affordable, mainly when there is access to forests that provide this natural resource (Lagunes-Díaz et al., 2015). In Lagunas de Montebello National Park (LMNP), firewood is an essential resource for rural families and communities because it is linked to one of the economic activities: food supply in tourist diners. These consist of rustic infrastructure built of wood and tin roofs, in some cases without walls, where food is sold to tourists visiting the LMNP's lagoons. There is

Introducción

La leña es uno de los productos bioenergéticos más antiguos y de mayor uso tradicional por el ser humano (Guo et al., 2015); su principal uso es como combustible para la preparación de alimentos, calefacción de las casas y producción de carbón o de energía para otras actividades (v. g., agroindustria o actividades artesanales; Masera et al., 2015). La leña, junto con otros productos derivados de la biomasa, siguen siendo la fuente principal de energía renovable y representan 13 % del consumo mundial de energía (International Energy Agency [IEA], 2023). Esta cifra sugiere la importancia actual de este tipo de recursos energéticos, principalmente, en el medio rural de los países de la región tropical, donde la leña es más asequible e influye sobre el bienestar y la subsistencia de las familias (Calvo et al., 2021; Schilman et al., 2021).

En México, la leña es una de las fuentes de energía tradicional más importante en comparación con las energías derivadas de combustibles fósiles. En las últimas décadas, el consumo de leña se ha reducido debido al uso combinado con el gas licuado de petróleo (LP) (Lagunes-Díaz et al., 2015). A pesar de esto, la leña sigue siendo importante y se estima que 67% de las familias rurales siguen utilizando la leña para cocinar (Schilman et al., 2021). Las proyecciones indican que el uso de este recurso energético persistirá para gran parte de la población mexicana (Serrano-Medrano et al., 2019). Los patrones de uso en el sector doméstico son heterogéneos y están influenciados por una serie de factores, para los que se han propuesto diversas hipótesis. Por ejemplo, la magnitud de leña usada depende del contexto socioeconómico de las familias, de la disponibilidad del recurso en los ecosistemas y de las preferencias de las especies por su valor cultural y eficiencia energética (Bello-Román et al., 2023; Cruz et al., 2020; Salgado-Terrones et al., 2017; Serrano-Medrano et al., 2019).

El uso de la leña también es relevante fuera del contexto doméstico que ha sido poco explorado en los estudios que evalúan los patrones de consumo. En algunas comunidades, la leña es un insumo que genera recursos económicos y contribuye a determinar las estrategias de subsistencia de las familias; por ejemplo, cuando la leña es la fuente de energía básica en actividades económicas como en la alfarería, la producción de productos derivados de la arcilla (ladrillos) o en los restaurantes o comedores tradicionales o turísticos. El uso de la leña en muchos casos sustituye a otros recursos energéticos como el gas LP, debido a que es más barata y asequible, principalmente cuando se tiene acceso a bosques que proveen de este recurso natural (Lagunes-Díaz et al., 2015). En el Parque Nacional Lagunas de Montebello (PNLM), la leña es un insumo importante para las familias y comunidades rurales porque está vinculada con una de las actividades económicas: oferta de

no information on the characteristics of the families' income from this economic activity, although it is possible that it represents one of the most important sources of income.

The LMNP is one of the parks of greatest tourist interest in Mexico. The main attraction is its natural scenery characterized by a group of colorful lagoons (Alcocer et al., 2023). Tours to the lagoons are complemented with accommodation services and food tasting, usually typical of the region. In the diners' kitchens the use of firewood is a traditional practice in the communities located around the LMNP; however, it is carried out in a region with biodiversity conservation problems such as high rates of deforestation, land use change (mainly for agriculture), forest fires, as well as contamination of the groundwater and lagoon system due to fertilizers, pesticides, heavy metals, and organic matter (Alcocer et al., 2023). These anthropogenic disturbances have reduced the original forest cover, with implications for the availability of firewood as an energy resource. Also, this problematic is related to territorial conflicts of land use, limitations in the use of natural resources in protected natural areas, and low levels of social welfare of the communities surrounding the LMNP (Pavon & Piña, 2018). In such a context and considering that there is still limited knowledge on energy resource use (Maser et al., 2015), the objective of the present study was to determine the consumption patterns and preferences for firewood use in tourist diners in Lagunas de Montebello National Park, Mexico. It is expected that the information generated will facilitate the development of social projects, strengthen the capacities of families in their economic activity and help in the conservation of forests and natural resources.

Materials and Methods

Study area

The study was carried out in the LMNP in southeastern Mexico (Figure 1). The park covers an area of 6425 ha and is characterized by a hydrological complex consisting of 50 karstic lakes with different shades, making it one of Mexico's most important natural attractions (Alcocer et al., 2023). This hydrological setting is interspersed with forested landscapes dominated by coniferous forests and remnants of cloud forests. The LMNP is in regions of high biodiversity and water importance, known as the Región Terrestre Prioritaria El Momón-Montebello and Región Hidrológica Prioritaria Comitán-Lagunas de Montebello (Alcocer et al., 2023).

Economic and productive activities in the study area have changed. Originally, they were based on subsistence agriculture, primarily maize, beans, and

alimentos en comedores turísticos. Estos consisten en una infraestructura rústica construida a base de madera y techos de láminas, en algunos casos sin paredes, donde se venden alimentos a los turistas que visitan las lagunas del PNLM. No se tiene información sobre las características del ingreso para las familias por esta actividad económica, aunque es posible que represente uno de los más importantes.

El PNLM es uno de los parques de mayor interés turístico en México. La principal atracción son sus escenarios naturales caracterizados por un conjunto de lagunas de colores (Alcocer et al., 2023). Los recorridos turísticos a las lagunas se complementan con servicios de hospedaje y la degustación de alimentos, que en su mayoría son típicos de la región. En los paradores turísticos, el uso de la leña forma parte de la tradición de las comunidades ubicadas alrededor del PNLM; sin embargo, se realiza en el contexto de una región con problemas de conservación de la biodiversidad como tasas altas de deforestación, cambio de uso de suelo (principalmente para la agricultura), incendios forestales, así como la contaminación de los mantos freáticos y el sistema lagunar, debido a fertilizantes, pesticidas, metales pesados y materia orgánica (Alcocer et al., 2023). Estos disturbios antropogénicos han mermado la cobertura de los bosques originales con implicaciones sobre la disponibilidad de la leña como recurso energético. También, esta problemática se relaciona con los conflictos territoriales del uso de la tierra, las limitaciones en el uso de los recursos naturales en áreas naturales protegidas y los niveles bajos de bienestar social de las comunidades aledañas al PNLM (Pavon & Piña, 2018). En tal contexto, y considerando que todavía se tiene conocimiento limitado sobre el uso del recurso energético (Maser et al., 2015), el objetivo del presente estudio fue determinar los patrones de consumo y preferencias de uso de leña en los comedores turísticos del Parque Nacional Lagunas de Montebello, México. Se espera que la información generada facilite la elaboración de proyectos sociales, fortalezca las capacidades de las familias en su actividad económica y ayude en la conservación de los bosques y los recursos naturales.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en el PNLM en el sureste de México (Figura 1). El parque cuenta con una superficie de 6425 ha y se caracteriza por un complejo hidrológico integrado por 50 lagunas de origen cárstico de tonalidades distintas que las hace uno de los atractivos naturales más importantes de México (Alcocer et al., 2023). Este escenario hidrológico se intercala con paisajes boscosos dominados por bosques de coníferas y remanentes de bosques de niebla. El PNLM se encuentra en regiones de alta biodiversidad e importancia hídrica,

coffee. Recently, the main economic driver in some communities surrounding the LMNP has become ecotourism services (Mejía & Peña, 2015; Pavon & Piña, 2018). The LMNP is a territory composed of areas owned by the nation, private properties, and, to a greater extent, ejido lands.

Study sites

At least 11 controlled access points have been identified for observation of the lagoons, which are known as rest areas. Most of these areas provide tourist services such as the sale of traditional food (Sagrado Pavón, 2022). For the purposes of this study, two tourist areas were selected, known as Montebello and Primer Jardín (Figure 1). In both areas, authorization from the committee that coordinates these places was obtained; however, direct consent of the people who provide services was necessary. For logistical reasons, it was not possible to incorporate other areas/diners due to the distance between them and the difficulty in obtaining authorization. At Primer Jardín, five active diners were sampled out of a total of 21, each with two cooks, usually mothers and daughters. At Montebello, five active diners were sampled out of a total of 15, generally with one cook.

conocidas como Región Terrestre Prioritaria El Momón-Montebello y Región Hidrológica Prioritaria Comitán-Lagunas de Montebello (Alcocer et al., 2023).

Las actividades productivas y económicas en el área de estudio han cambiado. Originalmente se basaban en la agricultura de autoconsumo, principalmente de maíz, frijol y café. Recientemente, la actividad principal que mueve la economía en algunas comunidades aledañas al PNLM es la prestación de servicios ecoturísticos (Mejía & Peña, 2015; Pavon & Piña, 2018). El PNLM es un territorio formado por áreas que son propiedad de la nación, propiedades particulares y, en mayor medida, tierras ejidales (propiedad social).

Sitios de estudio

Se han identificado al menos 11 accesos controlados para la observación de las lagunas, que son conocidos como paradores turísticos. En la mayoría de los paradores se prestan servicios turísticos como la venta de comida tradicional (Sagrado Pavón, 2022). Para fines de este estudio se seleccionaron dos paradores turísticos, conocidos como Montebello y Primer Jardín (Figura 1). En ambos paradores se logró la autorización del comité que coordina los comedores; sin embargo, fue necesario

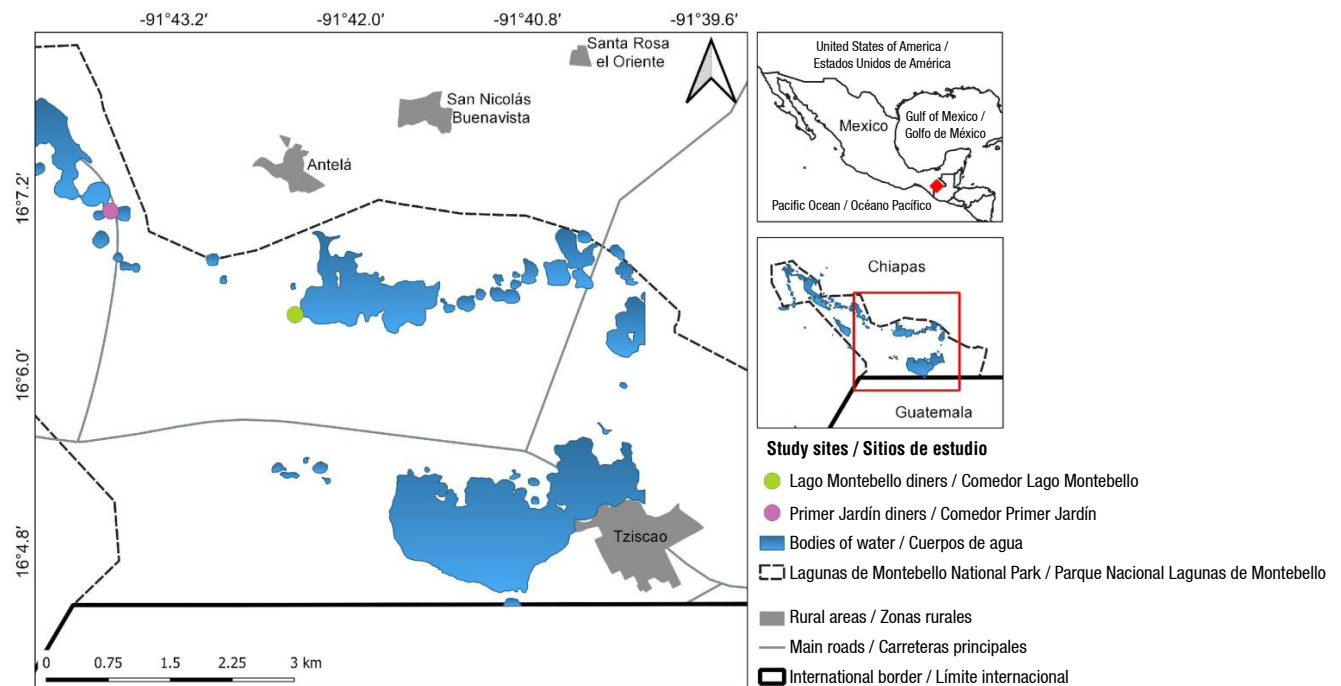


Figure 1. Study area and location of the areas where firewood consumption samples were taken in Lagunas de Montebello National Park, Mexico.

Figura 1. Área de estudio y localización de los paradores turísticos donde se realizaron los muestreos del consumo de leña en el Parque Nacional Lagunas de Montebello, México.

In each parador there is an organization that groups and coordinates the diners. In Primer Jardín, according to information from 2022, there are 21 kitchens shared among 50 women. The kitchens are rotated throughout the year in an equitable manner. During the low season (presence of fewer tourists) only five places are used, and groups alternate every week. During high season (Easter, summer and year-end vacations) all the diners are used: each person is assigned to at least one high season. Each diner consists of a simple wooden structure, tin roof, stove, tables, chairs and all the tools used by each cook. The diners are not separated from each other and are aligned so that the tourist has the possibility of choosing the diners of his preference.

At the Montebello parador, the organization of the diners is different; there are 15 food establishments, and all operate year-round. This place involves 16 women, and the kitchens rotate between just two, one for each season. At this location, one person holds the right to offer the service but may also choose to rent out the diner. Infrastructure is also distinct—although this food establishments are made of wood and metal sheets; they have a specific section for the kitchen and another for customers.

Five diners were selected in each parador; more were not included due to the logistical impossibility of evaluating firewood in all of them; however, sampling was not always carried out, due to the rotation of the women, because authorization for sampling was not obtained, or because diners were not open on that day. Finally, to incorporate the variation in firewood consumption during the year, sampling was carried out in the low and high seasons, alternating between midweek and weekend days.

Interviews

Perceptions on firewood consumption were determined through semi-structured interviews (Albuquerque et al., 2014). In the two areas, diners are attended by 64 women, of whom 18 could be interviewed under authorization and consent. The interviews included personal information, possession of family or husband's work plots and firewood use such as origin, availability, price and preferences of tree species differentiated by common name.

Evaluation of firewood

Firewood consumption per diner was evaluated daily. In each diner, before starting daily activities, firewood was separated according to common name or morphospecies (Figure 2) with the help of the cooks and field guides. For taxonomic identification, field trips were made, and herbarium samples were collected

el consentimiento directo de las personas que prestan el servicio. Por cuestiones logísticas no fue posible incorporar otros paradores/comedores por la distancia que los separa entre sí y también por la dificultad para conseguir las autorizaciones. En el parador Primer Jardín se muestrearon cinco cocinas activas de 21 en total, cada una con dos cocineras, por lo general madres e hijas. En el parador Montebello se muestrearon cinco cocinas activas de 15 en total, generalmente con una cocinera.

En cada parador turístico hay una organización que agrupa y coordina a los comedores. En Primer Jardín, de acuerdo con información del 2022, se tienen 21 comedores que se comparten entre 50 señoras. Los comedores se rotan a lo largo del año de manera equitativa. Durante la temporada baja (presencia de menos turistas) solo se ocupan cinco comedores y se alternan grupos cada semana. En temporada alta (vacaciones de semana santa, verano y fin de año) se ocupan todos los comedores: a cada persona le corresponde al menos una temporada alta. Cada comedor consiste en una estructura sencilla a base de madera, techo de lámina, fogón, mesas, sillas y todos los enseres que ocupa cada cocinera. Los comedores no están separados entre sí y están alineados de manera que el turista tiene la posibilidad de elegir el comedor de su preferencia.

En el parador Montebello, la organización de los comedores es distinta; hay 15 y todos funcionan a lo largo del año. Este parador agrupa a 16 señoras y las cocinas se rotan únicamente entre dos, una por cada temporada. En este parador, una persona tiene el derecho de ofrecer el servicio, pero también puede optar por ofrecer el comedor en renta. La infraestructura también es distinta, aunque están hechos de madera y lámina, los comedores tienen un área específica donde se encuentra la cocina y otra destinada a los comensales.

En cada parador se seleccionaron cinco comedores, no se incluyeron más por la imposibilidad logística para evaluar la leña en todos; sin embargo, no siempre se realizaron los muestreos, debido a la rotación de las señoras, a que no se consiguió la autorización para el muestreo o porque no se abrieron los comedores en ese día. Finalmente, para incorporar la variación del consumo de leña en el año, los muestreos se realizaron en temporada baja y en temporada alta, alternando en cada una de ellas con días de entresemana y de fin de semana.

Entrevistas

La percepción sobre el consumo de la leña se determinó mediante entrevistas semiestructuradas (Albuquerque et al., 2014). En los dos paradores, los comedores son atendidos por 64 mujeres, de las cuales se pudieron entrevistar 18 bajo su autorización y consentimiento. Las entrevistas incluyeron información personal,



Figure 2. View of the kitchens at Primer Jardin (A) and Montebello (B), separation of logs (C) and logs of *Pinus sp.1* (D) known as *ocote* in tourist diners in Lagunas de Montebello National Park, Mexico.

Figura 2. Vista de las cocinas del parador Primer Jardín(A) y del parador Montebello (B), separación de los leños (C) y leños de *Pinus sp.1* (D) conocido como *ocote* en comedores turísticos del Parque Nacional Lagunas de Montebello, México.

for later determination in an itinerant reference catalog consisting of dry leaf samples attached to a notebook. Field trips were made with the same field guides who assisted in the separation of logs. This allowed the identification of approximately 80 % of the morphospecies to species or genus level. In cases where taxonomic identification was not possible, a morphospecies was assigned.

Once the logs were separated, they were weighed with a WH-C Series digital hanging scale (3 g error). At the end of the day's activity, we returned to each diner, separated the remaining firewood again and reweighed it, differentiating by common name or morphospecies. The biomass used per day for each species and in total was obtained with the difference of the initial weight minus the final weight. The information on daily firewood consumption per diner was considered as a sampling unit (68 in total) obtained between October 2021 and May 2022.

Analysis

Based on the information obtained from the interviews, qualitative variables were established to facilitate data analysis. These were exploratory

posesión de las parcelas de trabajo de la familia o del esposo y del uso de la leña como origen, disponibilidad, precio y preferencias de especies de árboles diferenciadas por nombre común.

Evaluación de leña

El consumo de leña por comedor se evaluó diariamente. En cada comedor, antes de iniciar las actividades diarias, los leños se separaron según su nombre común o morfoespecie (Figura 2) con ayuda de las cocineras y los guías de campo. Para la identificación taxonómica se hicieron recorridos de campo y se obtuvieron muestras de herbario, para su determinación posterior en un catálogo de referencia itinerante que consta de muestras de hojas secas adheridas a un libro florete. Los recorridos se hicieron con los mismos guías de campo que ayudaron en la separación de los leños. Esto permitió la identificación de aproximadamente 80 % de las morfoespecies a nivel de especie o género. En los casos donde no fue posible la identificación taxonómica, se les asignó una morfoespecie.

Una vez que se separaron los leños, se pesaron con una báscula digital colgante WH-C Series (3 g de error). Al término de la actividad del día, se regresó a cada comedor,

using contingency tables. Student's t-tests ($p < 0.05$) were conducted to determine differences in biomass firewood consumption patterns between low and high seasons, as well as between weekdays and weekends. The Shapiro-Wilk test was used to assess the normality of the data distribution. To verify the homogeneity of variance, Levene's test ($p < 0.05$) was applied. If a lack of normality or homogeneity of variance was detected, a non-parametric test would be applied. All analyses were performed using the R software (R Core Team, 2023).

Preferences in the use of firewood were determined using two complementary approaches. First, a relative use value (RUV) modified from Castellanos-Camacho (2011) was generated. The index considers the relative frequency of each species in each sampling unit (diner) relative to the total number of samplings conducted ($N = 68$). The formula is $RUV_{is} = \frac{\sum \text{Frequency of species } i}{\text{Frequency of the most used species}}$. The values of RUV_{is} vary between 0 and 1, with 1 being the species with the highest use value and, therefore, the most appreciated for its usefulness, while 0 is the species is the least useful (Castellanos-Camacho, 2011).

In the second approach, a relative importance index (RII) was generated that considers two attributes of fuelwood use: relative biomass and relative frequency. The first refers to the contribution of biomass weighed for each species in relation to the total. The total sum is 100; the most important species will be those with the highest values of this total. Relative frequency refers to the number of times or occurrence of a species in the samples ($N = 68$). The sum total of the values for both attributes was 200.

Results

Perception of firewood use

Of the people interviewed, 50 % own land or plots of land. All of them indicated that they buy firewood to supply themselves and use it in the diners; however, 67 % supplement with firewood collected from their plots of land, backyards, or that occasionally falls from trees. All expressed the difficulty in finding firewood, the causes were variable, but included distance to collect firewood, difficulty in obtaining good firewood (in reference to *chiquinib* [*Quercus sapotifolia* Liebm.]) and that they can no longer collect it from the areas subject to conservation, due to community agreements. In the responses, 38 % referred to the fact that firewood is no longer available.

The monthly firewood cost is on average 1408.33 ± 836.7 MXN, with values ranging between 500.00 and 4000.00 MXN. The cost varies depending on species and season; unfortunately, it was not possible to determine

se separó nuevamente la leña restante y se volvió a pesar, diferenciándose por nombre común o morfoespecie. La biomasa usada por día para cada especie y en total se obtuvo con la diferencia del peso inicial menos el final. La información del consumo diario de leña por comedor se consideró como una unidad de muestreo (68 en total) que se obtuvo entre octubre de 2021 y mayo de 2022.

Análisis

Con base en la información obtenida de las entrevistas se establecieron variables categóricas para facilitar el análisis de los datos. Estos fueron de tipo exploratorio utilizando tablas de contingencia. Se realizaron pruebas t-Student ($p < 0.05$) para determinar diferencias en los patrones de consumo de biomasa de leña entre la temporada baja y alta, así como entre los días de la semana y fin de semana. La prueba de Shapiro-Wilk se utilizó para comprobar la distribución normal de los datos. Para verificar homogeneidad de la varianza se aplicó la prueba de Levene ($p < 0.05$). En caso de detectar la falta de normalidad o homogeneidad de la varianza se aplicaría una prueba no paramétrica. Todos los análisis se realizaron con el programa R (R Core Team, 2023).

Las preferencias en el uso de la leña se determinaron mediante dos enfoques complementarios. Primero, se generó un índice de valor de uso relativo (VUR) modificado a partir de Castellanos-Camacho (2011). El índice considera la frecuencia relativa de cada especie en cada unidad de muestreo (comedor) con relación al total de muestreos realizados ($N = 68$). La fórmula es $VUR_{is} = \frac{\sum \text{Frecuencia de la especie } i}{\text{Frecuencia de la especie más utilizada}}$. Los valores de VUR_{is} varían entre 0 y 1, siendo 1 la especie con mayor valor de uso y, por lo tanto, la más apreciada por su utilidad, mientras que 0 es la de menor utilidad (Castellanos-Camacho, 2011).

En el segundo enfoque se generó un índice de importancia relativa (IIR) que considera dos atributos del uso de la leña: biomasa relativa y frecuencia relativa. La primera se refiere a la contribución de la biomasa que se pesó de cada especie con relación al total. La suma total es de 100; las especies más importantes serán aquellas que tengan los valores más elevados de ese total. La frecuencia relativa se refiere al número de veces o la ocurrencia de una especie en los muestreos ($N = 68$). La suma total de los valores de ambos atributos fue 200.

Resultados

Percepción del uso de la leña

De las personas encuestadas, 50 % posee terrenos o parcelas. Todas indicaron que compran leña para abastecerse y utilizarla en los comedores; no obstante, 67 % complementan con leña recolectada de sus

the specific cost of each tree species and the variations throughout the year. People mentioned five key characteristics when buying firewood: dried firewood (67 %), firewood that produces embers (50 %), 'solid' or resistant firewood (30 %), flame capacity (22 %), and duration of complete firewood burning (17 %). In terms of firewood preferences, a total of 16 species were identified, with the most notable being *chiquinib* (67 %), oak (50 %), *ocote* (22 %), and sweetgum (22 %). The remaining species were mentioned by just one or two respondents. The respondents indicated that the firewood trade primarily based on pine species (*Pinus* sp. 1), *chiquinib* (*Q. sapotifolia*), and sweetgum (*Liquidambar styraciflua* L.).

Consumption patterns and biomass measurement

A total of 38 species/morphospecies of trees used as firewood were recorded; 21 were identified at the species level, nine at the genus level, and eight were classified as morphospecies. These species belong to 20 botanical families (Table 1), the most important ones in terms of total biomass used were *Q. sapotifolia* (357.3 kg), *Pinus* sp. 1 (246.1 kg), and *L. styraciflua* (212.16 kg), which together represent 57 % of the biomass measured. On average, the number of species used per diner was 3.8 ± 2.2 daily, although there was one instance where the maximum was 14 species; 80 % of the diners used between one and four species. Kitchens with more than five species were those where firewood was supplemented with firewood collected from their yards or plots in addition to purchased firewood. A total biomass of 1434.56 kg was weighed over the course of the study. On average, daily firewood used per diner was 21.1 ± 10.12 kg·day⁻¹, with a minimum of 1.9 kg·day⁻¹ (on a day with no sales) and a maximum of 44.2 kg·day⁻¹. No significant differences in consumption were found for any day of the week compared to the weekend (20.6 ± 10.0 kg·day⁻¹ vs. 21.9 ± 10.4 kg·day⁻¹, respectively; Student's $t = -0.51$, $p = 0.6121$). However, significant differences were observed when comparing high season and low season ($t = 2.4478$, $p = 0.018$), with higher usage in the high season. (25.3 ± 10.0 kg·day⁻¹ vs. 19.1 ± 9.6 kg·day⁻¹).

Preferences for use

According to the RUVis analysis, the most important species/morphospecies is a pine (*Pinus* sp. 1), which reported the maximum value (RUVis = 1). This species was recorded in 55 samples (80 % of the total). It is followed by *Q. sapotifolia* (RUVis = 0.6), *Quercus* sp. 1 (0.44), *L. styraciflua* (0.4), and *Cupressus lusitanica* Mill. (0.22) (Figure 3A). In the importance analysis, the RII is similar to that obtained in the RUVis, with *Pinus* sp. 1 (RII = 39.78) being the most important species, followed by *Q. sapotifolia* (38.93), *L. styraciflua* (23.84), *Quercus* sp. 1 (22.62), and *C. lusitanica* (13.77) (Figure 3B; Table 2).

parcelas, traspatios, o bien de la caída ocasional de árboles. Todas las personas manifestaron la dificultad para encontrar leña; las causas fueron variables, pero incluyeron la lejanía para recogerla, dificultad para conseguir leña buena (en referencia al chiquinib [*Quercus sapotifolia* Liebm.]) y que ya no pueden extraerla de las áreas sujetas a conservación, debido a los acuerdos comunitarios. En las respuestas, 38 % hizo referencia a que ya no hay leña disponible.

La inversión mensual para la compra de leña es en promedio 1408.33 ± 836.7 MXN, con valores que oscilan entre 500.00 y 4000.00 MXN. La inversión varía dependiendo de la especie y la temporada; desafortunadamente, no fue posible establecer el costo específico de cada especie de árbol y de las variaciones a lo largo del año. Las personas mencionaron cinco características al momento de comprar la leña: que esté seca (67 %), capacidad de hacer brasa (50 %), leña 'maciza' o resistente (30 %), capacidad de la flama (22 %) y duración de quema completa de la leña (17 %). Sobre las preferencias para comprar leña se mencionaron 16 especies en total, las más importantes fueron chiquinib (67 %), roble (50 %), ocote (22 %) y liquidámbar (22 %); las demás especies fueron mencionadas por una o dos personas. Las personas indicaron que el comercio de la leña se basa principalmente en las especies de pino (*Pinus* sp. 1), chiquinib (*Q. sapotifolia*) y liquidámbar (*Liquidambar styraciflua* L.).

Patrones de consumo y medición de biomasa

Se registraron 38 especies/morfoespecies de árboles usados como leña; 21 se identificaron a nivel de especie, nueve a nivel de género y ocho quedaron asignadas como morfoespecies. Las especies pertenecen a 20 familias botánicas (Cuadro 1); las más importantes por la biomasa total utilizada fueron *Q. sapotifolia* (357.3 kg), *Pinus* sp. 1 (246.1 kg) y *L. styraciflua* (212.16 kg), que en conjunto representan 57 % de la biomasa medida. Diariamente, el número de especies promedio utilizada por comedor fue 3.8 ± 2.2 , aunque hubo un caso en donde la máxima fue 14 especies; 80 % de los comedores utilizan de una a cuatro especies. Los comedores con más de cinco especies fueron aquellos donde la leña, además de comprarla, la complementan con la que obtienen de sus patios o parcelas. En todo el estudio se pesó una biomasa total de 1434.56 kg. Por comedor, el uso promedio de leña fue 21.1 ± 10.12 kg·día⁻¹, el mínimo fue 1.9 kg·día⁻¹ (día en que la venta fue nula) y el máximo fue de 44.2 kg·día⁻¹. En cada comedor, no se encontraron diferencias significativas del consumo en cualquier día de la semana respecto del fin de semana (20.6 ± 10.0 kg·día⁻¹ vs. 21.9 ± 10.4 kg·día⁻¹, respectivamente; t de Student = -0.51 , $p = 0.6121$), pero sí hubo cuando se comparó la temporada alta con la baja ($t = 2.4478$, $p = 0.018$) siendo mayor en la primera (25.3 ± 10.0 kg·día⁻¹ vs. 19.1 ± 9.6 kg·día⁻¹).

Table 1. Relative Use Value (RUV) of the species used as firewood at two rest areas in Lagunas de Montebello National Park, Chiapas, Mexico. The values range from 0 to 1, where 1 represents the maximum use value.

Cuadro 1. Índice de Valor de Uso (VUR) de las especies usadas como leña en dos paradores del Parque Nacional Lagunas de Montebello, Chiapas, México. Los valores van de 0 a 1, donde 1 es el valor máximo de uso.

Family/ Familia	Species/Morphospecies/ Especie/Morfoespecie	Common name/ Nombre común	UVI/ IVU
Pinaceae	<i>Pinus</i> sp. 1	Ocote, ocote colorado	1.00
Fagaceae	<i>Quercus sapotifolia</i> Liebm.	Chiquinib	0.60
Fagaceae	<i>Quercus</i> sp. 1	Encino, roble	0.44
Altingiaceae	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	Liquidámbar	0.40
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	Ciprés	0.22
Clethraceae	<i>Clethra</i> sp.	Sapotillo	0.20
Fabaceae	<i>Inga oerstediana</i> Benth.	Chalum	0.16
Euphorbiaceae	<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	Palo blanco	0.13
Celastraceae	<i>Crossopetalum parviflorum</i> (Hemsl.) Lundell	Palo seda	0.13
Fagaceae	<i>Quercus</i> sp. 2	Chiquinib colorado	0.13
Pinaceae	<i>Pinus teocote</i> Schltld. & Cham.	Ocote colorado	0.11
Myricaceae	<i>Morella cerifera</i> (L.) Small	Cera, ceramonte	0.09
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	Café	0.07
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Guayabo	0.07
Not determined/No determinada	Morphospecies 3	Cosanté	0.05
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	0.05
Anacardiaceae	<i>Toxicodendron striatum</i> Kuntze	Palo brujo	0.05
Actinidiaceae	<i>Saurauia madrensis</i> B. T. Keller & Breedlove	Moquillo	0.05
Fabaceae	<i>Acacia</i> sp.	Espino	0.03
Rosaceae	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Níspero	0.03
Malvaceae	<i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose	Corcho	0.03
Lamiaceae	<i>Aegiphila monstrosa</i> Moldenke	Mayté	0.02
Lamiaceae	<i>Aegiphila</i> sp.	Campanita	0.02
Clusiaceae	<i>Clusia guatemalensis</i> Hemsl.	Palo memela	0.02
Fabaceae	<i>Diphysa</i> sp.	Atsanté	0.02
Not determined/No determinada	Morphospecies 4	Crisanté	0.02
Not determined/No determinada	Morphospecies 5		0.02
Not determined/No determinada	Morphospecies 6		0.02
Not determined/No determinada	Morphospecies 7		0.02
Euphorbiaceae	<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	Palito bojo	0.02
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp.	Palo chite	0.02
Not determined/No determinada	Morphospecies 8	Palo flojo	0.02
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum mexicanum</i> C. Cordem.	Palo muy	0.02
Not determined/No determinada	Morphospecies 1		0.02
Not determined/No determinada	Morphospecies 2		0.02
Myrtaceae	<i>Eucalyptus rudis</i> Endl.	Alcanfor	0.02
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Caña de ardilla	0.02
Pinaceae	<i>Pinus</i> sp. 2	Pino	0.02

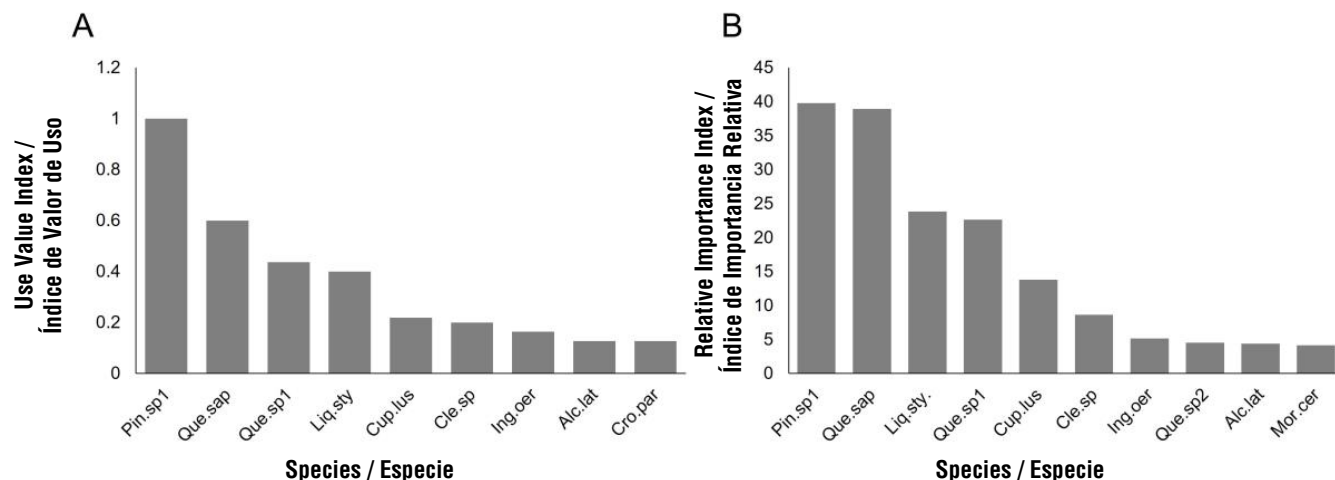


Figure 3. Most important species used as firewood in tourist diners in Lagunas de Montebello National Park. (A) Relative use value index which takes values from 0 to 1, where 1 is the species with the highest use value and, therefore, the most appreciated for its usefulness. (B) Relative importance index that integrates relative values of frequency and biomass used in each sampling unit. The maximum value is 200 which is distributed among the total species, those with the highest values are the most important. Pin.sp1 = *Pinus* sp. 1, Que.sap = *Quercus sapotifolia*, Liq.sty = *Liquidambar styraciflua*, Que.sp1 = *Quercus* sp. 1, Cup.lus = *Cupressus lusitanica*, Cle.sp = *Clethra* sp., Ing.oer = *Inga oerstediana*, Que.sp2 = *Quercus* sp. 2, Alc.lat = *Alchornea latifolia*, Mor.cer = *Morella cerifera*, Cro.par = *Crossopetalum parviflorum*.

Figura 3. Especies más importantes usadas como leña en comedores turísticos del Parque Nacional Lagunas de Montebello. (A) Índice de valor de uso relativo que adquiere valores de 0 a 1, donde 1 es la especie con el mayor valor de uso y, por lo tanto, la más apreciada por su utilidad. (B) Índice de importancia relativa que integra valores relativos de la frecuencia y biomasa utilizada en cada unidad de muestreo. El valor máximo es de 200 que se distribuye entre el total de las especies, aquellas con los valores más elevados son las más importantes. Pin.sp1 = *Pinus* sp. 1, Que.sap = *Quercus sapotifolia*, Liq.sty = *Liquidambar styraciflua*, Que.sp1 = *Quercus* sp. 1, Cup.lus = *Cupressus lusitanica*, Cle.sp = *Clethra* sp., Ing.oer = *Inga oerstediana*, Que.sp2 = *Quercus* sp. 2, Alc.lat = *Alchornea latifolia*, Mor.cer = *Morella cerifera*, Cro.par = *Crossopetalum parviflorum*.

Although both analyses agree that these five species are of the greatest interest as an energy resource, the RII offers another perspective where the preferences are more or less similar between *Pinus* sp. 1 and *Q. sapotifolia*, and these two species double the RII value compared to the next most important species (Figure 3B), suggesting a clear preference for both species.

Discussion

The study area in the LMNP is characterized by complex biocultural processes, intense tourism activity and biodiversity conservation management. This interaction has repercussions on the use of natural resources, particularly firewood as an energy resource. It is assumed that a transition is taking place from a diversified use of firewood to a more specific and simplified one, with a preference for just a few species. The results indicate that there is a decrease in the availability of firewood due to the reduction

Preferencias de uso

De acuerdo con el análisis de VURis, la especie/morfoespecie más importante es un pino (*Pinus* sp. 1) que obtuvo el valor máximo (VURis = 1); esta especie se registró en 55 muestreos (80 % del total). Le siguen en importancia *Q. sapotifolia* (VURis = 0.6), *Quercus* sp. 1 (0.44), *L. styraciflua* (0.4) y *Cupressus lusitanica* Mill. (0.22) (Figura 3A). En el análisis de importancia, el IIR es similar al obtenido en el VURis con *Pinus* sp. 1 (IIR = 39.78) como la especie más importante, luego *Q. sapotifolia* (38.93), *L. styraciflua* (23.84), *Quercus* sp. 1 (22.62) y *C. lusitanica* (13.77) (Figura 3B; Cuadro 2). Aunque ambos análisis coinciden en que estas cinco especies son las de mayor interés como recurso energético, el IIR ofrece otra perspectiva donde las preferencias son más o menos similares entre las especies de *Pinus* sp. 1 y *Q. sapotifolia*, y estas dos duplican el valor de IIR respecto a las siguientes especies más cercanas en importancia (Figura 3B), lo que sugiere una preferencia clara de ambas especies.

Table 2. Relative Importance Index (RII) of the species used as firewood in two rest areas of Lagunas de Montebello National Park, Chiapas, Mexico.**Cuadro 2. Índice de Importancia Relativa (IIR) de las especies usadas como leña en dos paradores del Parque Nacional Lagunas de Montebello, Chiapas, México.**

Species / Especie	Relative frequency / Frecuencia relativa	Relative biomass / Biomasa relativa	RII / IIR
<i>Pinus</i> sp. 1	22.62	17.16	39.78
<i>Quercus sapotifolia</i> Liebm.	14.03	24.91	38.93
<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	9.05	14.79	23.84
<i>Quercus</i> sp. 1	10.86	11.76	22.62
<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.	5.43	8.34	13.77
<i>Clethra</i> sp.	4.98	3.65	8.63
<i>Inga oerstediana</i> Benth.	3.17	1.99	5.16
<i>Quercus</i> sp. 2	2.71	1.80	4.51
<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	2.26	2.11	4.37
<i>Morella cerifera</i> (L.) Small	2.26	1.88	4.14
<i>Crossopetalum parviflorum</i> (Hemsl.) Lundell	2.71	1.41	4.12
<i>Pinus teocote</i> Schltld. & Cham.	2.71	1.30	4.01
<i>Acacia</i> sp.	0.90	1.59	2.49
<i>Psidium guajava</i> L.	1.81	0.48	2.29
<i>Persea americana</i> Mill.	0.90	1.08	1.99
<i>Coffea arabica</i> L.	1.36	0.48	1.84
<i>Saurauia madrensis</i> B.T.Keller & Breedlove	0.90	0.84	1.75
<i>Heliocarpus donnellsmithii</i> Rose	0.90	0.78	1.69
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	0.90	0.24	1.15
Morphospecies 3	0.90	0.22	1.13
<i>Toxicodendron striatum</i> Kuntze	0.90	0.22	1.12
Morphospecies 4	0.45	0.59	1.04
Morphospecies 6	0.45	0.50	0.95
Morphospecies 7	0.45	0.30	0.75
Morphospecies 1	0.45	0.23	0.68
<i>Clusia guatemalensis</i> Hemsl.	0.45	0.20	0.65
<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	0.45	0.19	0.64
Morphospecies 8	0.45	0.19	0.64
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	0.45	0.17	0.63
<i>Eucalyptus rudis</i> Endl.	0.45	0.15	0.60
<i>Aegiphila</i> sp.	0.45	0.10	0.55
Morphospecies 5	0.45	0.07	0.52
<i>Aegiphila monstrosa</i> Moldenke	0.45	0.06	0.52
<i>Pinus</i> sp. 2	0.45	0.06	0.51
<i>Diphysa</i> sp.	0.45	0.05	0.50
<i>Eugenia</i> sp.	0.45	0.05	0.50
<i>Hedyosmum mexicanum</i> C. Cordem.	0.45	0.04	0.49
Morphospecies 2	0.45	0.04	0.49

of forests and growth of economic activities derived from tourism, such as the sale of traditional food and firewood trade. These activities were not carried out decades ago.

The scale of firewood consumption is multidimensional, because it depends on the environmental, social and economic conditions of use. In this study, the data indicate a high consumption of firewood compared to domestic consumption, based on the average per capita consumption of 1.0 to 3.0 kg·day⁻¹ estimated in Mexico (Bello-Román et al., 2022; Salgado-Terrones et al., 2017). This consumption pattern is similar to studies conducted in rural communities, such as that of Marquez-Reynoso et al. (2017) with values per capita ranging from 1.3 to 3.3 kg·day⁻¹, and that of Ocegueda and Aparicio (2022) with 2.01 kg·day⁻¹. However, few studies have directly compared the differences between domestic and economic consumption, such as the one conducted in India by Singh et al. (2010), who found that firewood consumption increases up to five times more in economic activities compared to domestic use (90 to 120 kg·day⁻¹ vs. 20 to 22 kg·day⁻¹, respectively).

The use of fuelwood in rural communities is related to the hypothesis of a reduction in the number of species used or use preferences. Usually, rural communities have a set of tree species used as fuelwood. This number depends on several factors such as type of ecosystems, availability of the resource and use preferences. For example, studies by Bello-Román et al. (2022) and Marquez-Reynoso et al. (2017) documented 23 and 76 species, respectively; however, there is a preference over a certain number of these (65 % and 38 %, respectively). We found this pattern of simplification in the present study, where fuelwood consumption depends mainly on five species (*Pinus* sp. 1, *Q. sapotifolia*, *Quercus* sp. 1, *L. styraciflua* and *C. lusitanica*). It is important to mention that the information from the semi-structured surveys indicates that the local demand is covered by a firewood market with these species.

The preferences for species include the *Pinus* and *Quercus* genera. These are significant energy resources in regions where indigenous or rural communities coexist with mountain ecosystems (Jiménez-Mendoza et al., 2023; Ocegueda & Aparicio, 2022; Olea-Reséndiz et al., 2022; Ruiz-Aquino et al., 2022; Salgado-Terrones et al., 2017) as well as in other parts of the world with temperate forest ecosystems (Bhatt et al., 2016; Chakraborty et al., 2018; Singh et al., 2010). The *Quercus* genus is particularly important due to its cultural significance in food preparation, specifically regarding the taste of meals, as well as the durability of its wood, its ability to generate a steady and long-lasting ember, and the reduction of smoke production. These

Discusión

El área de estudio en el PNLM se caracteriza por los procesos bioculturales complejos, actividad turística intensa y la gestión de la conservación de la biodiversidad. Esta interacción tiene implicaciones sobre el uso de los recursos naturales y, particularmente, el de la leña como recurso energético. Se deduce que está ocurriendo la transición de un uso diversificado de la leña a uno más específico y simplificado, con la preferencia de unas cuantas especies. Los resultados indican que hay disminución de la disponibilidad de la leña debido a la reducción de los bosques y al crecimiento de actividades económicas derivadas del turismo como la venta de comida tradicional y el comercio de la leña. Estas actividades no se realizaban décadas atrás.

La magnitud del consumo de leña es multidimensional, ya que depende del contexto ambiental, social y económico en el que se utilice. En este estudio, los datos indican consumo elevado de leña en comparación con el consumo doméstico, de acuerdo con el consumo per cápita promedio de 1.0 a 3.0 kg·día⁻¹ estimado en México (Bello-Román et al., 2022; Salgado-Terrones et al., 2017). Este patrón de consumo es similar en estudios realizados en comunidades rurales como el de Marquez-Reynoso et al. (2017) con valores per cápita de 1.3 a 3.3 kg·día⁻¹ y el de Ocegueda y Aparicio (2022) con 2.01 kg·día⁻¹. No obstante, los estudios que han comparado directamente las diferencias entre el consumo doméstico y económico son pocos, como el realizado en India por Singh et al. (2010), quienes encontraron que el consumo de leña se incrementa hasta cinco veces más en una actividad económica respecto del doméstico (90 a 120 kg·día⁻¹ vs. 20 a 22 kg·día⁻¹, respectivamente).

El uso de la leña en las comunidades rurales se relaciona con la hipótesis de simplificación del número de especies utilizadas o de las preferencias de uso. Generalmente, las comunidades rurales tienen un conjunto de especies de árboles utilizadas como leña. Esta cantidad depende de varios factores como el tipo de ecosistemas, disponibilidad del recurso y preferencias de uso. Por ejemplo, los estudios de Bello-Román et al. (2022) y Marquez-Reynoso et al. (2017) documentaron 23 y 76 especies, respectivamente; sin embargo, hay una preferencia sobre un número determinado de estas (65 % y 38 %, respectivamente). Este patrón de simplificación lo encontramos en el presente estudio, donde el consumo de la leña depende principalmente de cinco especies (*Pinus* sp. 1, *Q. sapotifolia*, *Quercus* sp. 1, *L. styraciflua* y *C. lusitanica*). Es importante mencionar que la información de las entrevistas semiestructuradas indica que la demanda local es cubierta por un mercado de leña con estas especies.

characteristics are attributed to the wood's density, lower volatile compound content, and calorific value (Márquez-Reynoso et al., 2017; Ruiz-Aquino et al., 2015, 2022), which refers to its potential to burn and generate heat. The cultural relationship is due to the dependence and availability of firewood in their forests and the spaces where people carry out their daily activities (e.g., plots and backyards) (Cruz et al., 2020).

Recently, it has been documented that fuelwood consumption has entered a different dynamic due to its increasing scarcity. This situation has greater impacts on rural communities that depend strongly on firewood for cooking and have historically based their livelihoods on this resource (Bhatt et al., 2016; Da Silva et al., 2018). These dynamics, as observed in the LMNP, are forcing people to buy firewood from sellers without knowing its origin. This situation negatively impacts the families' subsistence strategies, as they are forced to allocate financial resources for purchase (Orozco-Hernández et al., 2012).

At the LMNP (National Park), some strategies have been developed to reduce firewood consumption in tourist diners. One of the most important was the installation of firewood-saving stoves, as the switch to using LP gas has not been successful. Although it was not something intended to be asked in the survey, there were occasional responses mentioning that the use of firewood is part of the tourist attraction for diners. However, the deeply rooted cultural practice of cooking with firewood is evident, despite programs that promote access to LP gas in rural communities (Mazzone et al., 2021; Troncoso et al., 2019).

Conclusions

Firewood is the main energy resource in the tourist diners of the Lagunas de Montebello National Park. On average, each diner consumes 21.1 kg·day⁻¹ and a monthly investment of 1408.33 MXN to buy this resource. The firewood used includes species from the *Pinus* and *Quercus* genera, valued for their properties such as ember generation. These consumption patterns, combined with limited availability and reliance on an informal market, suggest a challenge for firewood management. This situation highlights the need to implement strategies that promote greater availability of this resource and proper management. Some strategies could include: (1) reforestation in plots, fallow lands, or areas designated for reforestation with species of dendroenergy interest (e.g., *Quercus sapotifolia*); (2) establishment and operation of community nurseries to provide the necessary plants for local reforestation; and (3) integrated strategies such as the creation of sustainable productive approaches (e.g., dendroenergy plantations).

En las preferencias de especies se incluyen los géneros *Pinus* y *Quercus*. Estos son recursos energéticos relevantes en regiones con presencia de comunidades indígenas o campesinas que coexisten con ecosistemas de montaña (Jiménez-Mendoza et al., 2023; Ocegueda & Aparicio, 2022; Olea-Reséndiz et al., 2022; Ruiz-Aquino et al., 2022; Salgado-Terrones et al., 2017) y en otras partes del planeta con ecosistemas de bosques templados (Bhatt et al., 2016; Chakraborty et al., 2018; Singh et al., 2010). El género *Quercus* es importante por su vínculo cultural en la preparación de los alimentos respecto al sabor de las comidas, así como por la durabilidad de la leña, la generación de brasa constante y duradera y la reducción en la producción de humo. Estas características se obtienen debido a la densidad de la madera, una cantidad menor de sustancias volátiles y a su contenido calórico (Márquez-Reynoso et al., 2017; Ruiz-Aquino et al., 2015, 2022); es decir, el potencial para arder y generar calor. La relación cultural se debe a la dependencia y disponibilidad de leña en sus bosques y de los espacios donde la gente desarrolla sus actividades diarias (v. g., parcelas y traspatios) (Cruz et al., 2020).

Recientemente se ha documentado que el consumo de leña ha entrado en una dinámica distinta debido a su escasez creciente. Esta situación tiene impactos mayores en las comunidades rurales que dependen en gran medida de la leña para cocinar y que, históricamente, han basado su subsistencia en este recurso (Bhatt et al., 2016; Da Silva et al., 2018). Tal dinámica, como la que se observa en el PNLM, está obligando a las personas a comprar leña a vendedores sin certeza sobre su origen. Dicha situación tiene implicaciones negativas sobre las estrategias de subsistencia de las familias, ya que deben destinar recursos económicos para su adquisición (Orozco-Hernández et al., 2012).

En el PNLM se han desarrollado algunas estrategias para la reducción del consumo de leña en los comedores turísticos. Uno de los más importantes fue la instalación de estufas ahorradoras de leña, ya que el cambio al uso de gas LP no ha prosperado. Aunque no es algo que se planteó preguntar en la encuesta, ocasionalmente hubo respuestas de que el uso de la leña es parte del atractivo turístico para los comensales; sin embargo, es evidente la práctica cultural tan arraigada de cocinar los alimentos usando leña, a pesar de programas que favorezcan el acceso de gas LP en las comunidades rurales (Mazzone et al., 2021; Troncoso et al., 2019).

Conclusiones

La leña es el principal recurso energético en los comedores turísticos del Parque Nacional Lagunas de Montebello. Se consume un promedio de leña por comedor de 21.1 kg·día⁻¹ y se destina una inversión mensual promedio de 1408.33 MXN para la compra

Acknowledgments

This study was funded by the United States Forest Service (USFS) and the United States Agency for International Development (USAID) (agreement 20-IG-11132762-322). The authors thank the ejido authorities of San Nicolás and Antelá, the people in charge of the diners at Primer Jardín and Montebello, as well as the staff of the Lagunas de Montebello National Park from the Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas for authorization and technical assistance to carry out this study. Special thanks to Derio A. Jiménez López for creating the map, and Williams López Santiago and Fabiola Sánchez Astudillo for their help in fieldwork.

End of English version

References / Referencias

- Albuquerque, U. P., Ramos, M. A., Paiva de Lucena, R. F., & Alencar, N. L. (2014). Methods and techniques used to collect ethnobiological data. In U. P. Albuquerque, L. V. F. Cruz da Cunha, R. F. Paiva de Lucena, & R. R. Nóbrega Alves (Eds.), *Methods and techniques in ethnobiology and ethnoecology* (pp. 15–37). Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8636-7_2
- Alcocer, J., Escolero, O., & Álvarez, F. (2023). *Las "Lagunas de Montebello". Joyas de la naturaleza amenazadas*. Facultad de Estudios Superiores Iztacala - Universidad Nacional Autónoma de México. <https://librosoa.unam.mx/handle/123456789/3620>
- Bello-Román, M., García-Flores, A., Colin-Bahena, H., Román-Montes de Oca, R., & Beltrán-Rodríguez, L. (2023). Variación en el consumo de leña y factores que lo determinan en una comunidad campesina al suroeste del estado de Morelos, México. *Botanical Sciences*, 101(1), 149–163. <https://doi.org/10.17129/botsci.3147>
- Bhatt, J. A., Hussain, A., Malik, Z. A., & Todaria, N. P. (2016). Fuelwood consumption of dhabas (temporary hotels) along an altitudinal gradient in a pilgrim and tourist affected protected area of western Himalaya. *Journal of Sustainable Forestry*, 35, 133–148. <https://doi.org/10.1080/10549811.2015.1119702>
- Calvo, R., Álamos, N., Billi, M., Urquiza, A., & Lisperguer, R. C. (2021). *Desarrollo de indicadores de pobreza energética en América Latina y el Caribe. Serie Recursos Naturales y Desarrollo, N° 207*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/f3b3060c-94ab-4128-adaf-d56d2e860836/content>
- Castellanos-Camacho, L. I. (2011). Conocimiento etnobotánico, patrones de uso y manejo de plantas útiles en la cuenca del río Cane-Iguaque (Boyacá - Colombia); una aproximación desde los sistemas de uso de la biodiversidad. *Ambiente & Sociedade*, 14(1), 45–75. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2011000100004>
- Chakraborty, A., Joshi, P. K., & Sachdeva, K. (2018). Capturing forest dependency in the central Himalayan region: Variations del recurso. En general, el uso de la leña incluye especies de los géneros *Pinus* y *Quercus*, importantes por sus propiedades como la generación de brasa. Estos patrones de consumo, la disponibilidad limitada y su compra en un mercado informal sugieren una problemática para el manejo de leña. Tal situación indica la necesidad de establecer estrategias que favorezcan mayor disponibilidad del recurso y su manejo adecuado. Algunas estrategias pueden ser: (1) reforestación en las parcelas de trabajo, acahuales o áreas sujetas a reforestación con especies de interés dendroenergético (v. g., *Quercus sapotifolia*); (2) establecimiento y operación de viveros comunitarios que provean de las plantas necesarias para la reforestación local y; (3) estrategias integrales como la creación de enfoques productivos sustentables (v. g., plantaciones dendroenergéticas).
- del recurso. En general, el uso de la leña incluye especies de los géneros *Pinus* y *Quercus*, importantes por sus propiedades como la generación de brasa. Estos patrones de consumo, la disponibilidad limitada y su compra en un mercado informal sugieren una problemática para el manejo de leña. Tal situación indica la necesidad de establecer estrategias que favorezcan mayor disponibilidad del recurso y su manejo adecuado. Algunas estrategias pueden ser: (1) reforestación en las parcelas de trabajo, acahuales o áreas sujetas a reforestación con especies de interés dendroenergético (v. g., *Quercus sapotifolia*); (2) establecimiento y operación de viveros comunitarios que provean de las plantas necesarias para la reforestación local y; (3) estrategias integrales como la creación de enfoques productivos sustentables (v. g., plantaciones dendroenergéticas).

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por el Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS) y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) (convenio 20-IG-11132762-322). Los autores agradecen a las autoridades ejidales de San Nicolás y Antelá, a las personas encargadas de los comedores de Primer Jardín y Montebello, así como al personal del Parque Nacional Lagunas de Montebello de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas por los permisos y la asistencia técnica para realizar el estudio. A Derio A. Jiménez López por la elaboración del mapa y Williams López Santiago y Fabiola Sánchez Astudillo por su apoyo en campo.

Fin de la versión en español

- between Oak (*Quercus* spp.) and Pine (*Pinus* spp.) dominated forest landscapes. *Ambio*, 47, 504–522. <https://doi.org/10.1007/s13280-017-0947-1>
- Cruz, R. S., Medeiros, P. M., Ferreira Júnior, W. S., & da Silva, R. R. V. (2020). Factors that influence human behavior in fuelwood use and their implications for biocultural conservation. *Ethnobiology and Conservation*, 9, 31. <https://doi.org/10.15451/ec2020-07-9.31-1-13>
- Da Silva, A. P. T., De Medeiros, P. M., Ferreira Júnior, W. S., & Vasconcelos Da Silva, R. R. (2018). Does forest scarcity affect the collection and use of firewood by rural communities? A case study in the Atlantic Forest of Northeastern Brazil. *Economic Botany*, 72(1), 71–80. <https://doi.org/10.1007/s12231-018-9403-9>
- Guo, M., Song, W., & Buhain, J. (2015). Bioenergy and biofuels: History, status, and perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 712–725. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.013>
- International Energy Agency (IEA). (2023). *Tracking SDG 7: The Energy Progress Report*. World Bank. <https://www.irena.org/Publications/2023/Jun/Tracking-SDG7-2023>

- Jiménez-Mendoza, M. E., Ruiz-Aquino, F., Aquino-Vásquez, C., Santiago-García, W., Santiago-Juárez, W., Rutiaga-Quiñones, J. G., & Fuente-Carrasco, M. E. (2023). Aprovechamiento de leña en una comunidad de la Sierra Sur de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 14(76), 22–49. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v14i76.1300>
- Lagunes-Díaz, E., González-Ávila, M. E., & Ortega-Rubio, A. (2015). Transición de leña a gas licuado a presión (GLP) en el sur de México, oportunidad para la mitigación del cambio climático en la región menos desarrollada del país. *Acta Universitaria*, 25(6), 30–42. <https://doi.org/10.15174/au.2015.853>
- Marquez-Reynoso, M. I., Ramírez-Marcial, N., Cortina-Villar, S., & Ochoa-Gaona, S. (2017). Purpose, preferences and fuel value index of trees used for firewood in El Ocote Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico. *Biomass and Bioenergy*, 100, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.03.006>
- Masera, O. R., Bailis, R., Drigo, R., Ghilardi, A., & Ruiz-Mercado, I. (2015). Environmental burden of traditional bioenergy use. *Annual Review of Environment and Resources*, 40, 121–50. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102014-021318>
- Mazzone, A., Cruz, T., & Bezerra, P. (2021). Firewood in the forest: Social practices, culture, and energy transitions in a remote village of the Brazilian Amazon. *Energy Research & Social Science*, 74, 101980. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.101980>
- Mejía, L., & Peña, F. (2015). Territorios disputados: Culturas y aprovechamiento de los Lagos de Montebello. In G. Santacruz, & F. Peña (Eds.), *Miradas sobre dinámicas territoriales en México* (pp. 39–60). El Colegio de San Luis.
- Ocegueda, A. M., & Aparicio, M. S. (2022). Caracterización del aprovechamiento de leña en una comunidad Me'phaa de la Montaña de Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(70), 112–135. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i70.1263>
- Olea-Reséndiz, M. de J., Segura-Pacheco, H. R., Herrera-Castro, N. D., & Barrera-Catalán, E. (2022). Cultural importance of trees among six rural communities in Guerrero, Mexico. *Etnobiología*, 13(70), 112–135. <https://revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/513>
- Orozco-Hernández, M. E., Mireles-Lezama, P., Jaimes-Ramírez, S., & Gomora-Lara, B. (2012). La experiencia de las estufas ahorradoras de leña en dos comunidades indígenas del Estado de México. *Ambiente y Desarrollo*, 16(31), 91–105. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/4334>
- Pavon, R. G. S., & Piña, I. C. (2018). Sustainable tourism development in Parque Nacional Lagunas de Montebello, Mexico. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 227, 83–93. <https://doi.org/10.2495/ST180091>
- R Core Team. (2023). *A language and environment for statistical computing*. Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Ruiz-Aquino, F., González-Peña, M. M., Valdez-Hernández, J. I., Revilla, U. S., & Romero-Manzanares, A. (2015). Chemical characterization and fuel properties of wood and bark of two oaks from Oaxaca, Mexico. *Industrial Crops and Products*, 65, 90–95. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.11.024>
- Ruiz-Aquino, F., Jiménez-Mendoza, M. E., Fuente-Carrasco, M. E., Santiago-García, W., Suárez-Mota, M. E., Aquino-Vásquez, C., & Rutiaga-Quiñones, J. G. (2022). Energy properties of 22 timber species from Oaxaca, Mexico. *South-East European Forestry*, 13(2), 107–113. <https://doi.org/10.15177/seeefor.22-13>
- Sagrado Pavón, R. G. (2022). Aprovechamiento turístico sustentable en el Parque Nacional Lagunas de Montebello. *El Periplo Sustentable*, 43, 250–275. <https://doi.org/10.36677/elperiplo.v0i43.14509>
- Salgado-Terrones, O., Borda-Niño, M., & Ceccon, E. (2017). Uso y disponibilidad de leña en la región de La Montaña en el estado de Guerrero y sus implicaciones en la unidad ambiental. *Madera y Bosques*, 23(3), 121–135. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2331473>
- Schilmann, A., Ruiz-García, V., Serrano-Medrano, M., de la Vega, L. A. de la S., Olaya-García, B., Estevez-García, J. A., Berrueta, V., Riojas-Rodríguez, H., & Masera, O. (2021). Just and fair household energy transition in rural Latin American households: are we moving forward? *Environmental Research Letters*, 16, 105012. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac28b2>
- Serrano-Medrano, M., Ghilardi, A., & Masera, O. (2019). Fuelwood use patterns in rural México: A critique to the conventional energy transition model. *Historia Agraria*, 77, 81–104. <https://doi.org/10.26882/histagrar.077e04s>
- Singh, G., Rawat, G. S., & Verma, D. (2010). Comparative study of fuelwood consumption by villagers and seasonal “Dhaba owners” in the tourist affected regions of Garhwal Himalaya, India. *Energy Policy*, 38, 1895–1899. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.11.069>
- Troncoso, K., Segurado, P., Aguilar, M., & Soares da Silva, A. (2019). Adoption of LPG for cooking in two rural communities of Chiapas, Mexico. *Energy Policy*, 133, 110925. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110925>