

## IMPACTO ECOLÓGICO POR EL USO DE LEÑA EN UNA COMUNIDAD DE ALTA MONTAÑA EN TAMAULIPAS, MÉXICO

Elizabeth Del Carmen **Andrade-Limas**, Valeria **Navarro-López**, Jacinto **Treviño-Carreón\***,  
René **Ventura-Houle**, Bárbara Azucena **Macías-Hernández**

Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro Universitario Victoria. Cd. Victoria, Tamaulipas, México, 87149.

\*Autor de correspondencia: jatrevino@docentes.uat.edu.mx

### RESUMEN

Los bosques de alta montaña, son el hábitat de una amplia diversidad de especies vegetales. En los hogares rurales, la biomasa leñosa de los bosques, es la principal fuente de combustible, tanto para cocinar, como para calefaccionar en época de frío. El objetivo de la investigación, fue determinar las relaciones de las familias rurales con los recursos vegetales, mediante el uso de leña en fogones abiertos. Las variables estudiadas, fueron el consumo, la extracción, el uso y manejo de especies leñosas y los procesos relacionados con el impacto en la estructura de la vegetación arbórea, en una comunidad de alta montaña, en Miquihuana, Tamaulipas, México. Se aplicó una encuesta a los habitantes, para conocer las especies forestales utilizadas como biocombustible, cantidad de leños, distancia recorrida para su obtención y mediante el uso de imágenes de satélite, se obtuvo el índice de diferencia normalizada de vegetación (NDVI). Se encontró una pérdida de cobertura vegetal de 7.7%, entre 2010 y 2020; las principales especies utilizadas, son encino (*Quercus mexicana*) y pino (*Pinus pseudostrobus*), debido a sus características de combustión y duración de la flama, así como la cantidad de biomasa utilizada por familia al año, que es aproximadamente de 74.0 m<sup>3</sup>. La densidad de las especies, disminuye principalmente, por la extracción de leña para el uso doméstico, debido a que es una actividad que se lleva a cabo día con día. Esto indica que, existe un impacto negativo en los bosques y es necesario aplicar acciones que ayuden a su recuperación.

**Palabras clave:** biomasa, familias rurales, recursos maderables, vegetación arbórea.

### INTRODUCCIÓN

Los bosques de alta montaña, son el hábitat de una amplia diversidad de especies vegetales, que intervienen con variadas funciones en pro del ambiente, como la acumulación del agua, atenuación del clima local, reducción del impacto de emisiones de gases contaminantes, prevención de la pérdida del suelo por erosión, además de proteger las comunidades humanas contra las avalanchas, los desprendimientos de rocas y deslizamientos de tierra (Gottle y Sène, 1997). Son también, una fuente de energía renovable que se encuentra disponible en prácticamente todo el planeta (Arfin *et al.*, 2014), de la cual, se estima que, representa aproximadamente 10% del total de los tipos de energía utilizada (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, 2018).

En los hogares rurales, la biomasa leñosa de los bosques, es la principal fuente de combustible, tanto para cocinar, como para la calefacción en época de frío;

**Citation:** Andrade-Limas EC, Navarro-López V, Treviño-Carreón J, Ventura-Houle R, Macías-Hernández BA. 2025. Impacto ecológico por el uso de leña en una comunidad de alta montaña en Tamaulipas, México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo <https://doi.org/10.22231/asyd.v22i1.1435>

**Editor in Chief:**  
Dr. Benito Ramírez Valverde

Received: June 28, 2021.  
Approved: August 22, 2022.

**Estimated publication date:**  
January 8, 2025.

This work is licensed  
under a Creative Commons  
Attribution-Non-Commercial  
4.0 International license.



la cual, en las diferentes especies arbóreas, ha sido reconocida como una fuente de energía alternativa útil y rentable, debido a que es un combustible que tiene ventajas ambientales sobre los fósiles (Komala y Prasad, 2014). Sin embargo, Sada-Ovalle *et al.* (2015) mencionan que, las especies vegetales maderables de los bosques, son utilizadas en forma inadecuada. En el mundo, 3,000 millones de personas, dependen de este recurso para cocinar o para protegerse del frío dentro de la casa, tal es el caso de la localidad de estudio (Marcela, Miquihuana, Tamaulipas, México), debido al invierno riguroso, por ser una comunidad de alta montaña, lo que representa un tema preocupante para el ambiente, debido al uso diario del recurso en las zonas rurales (Rosenthal, 2015).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010), en México, existen cerca de 142 millones de hectáreas cubiertas por bosque (Merino-Pérez, 2013), mismas que son aprovechadas por casi el 20% de la población rural, como fuente de energía para los hogares. Esta demanda, repercute en la regeneración de los ecosistemas, ocasionando que algunas especies maderables, reduzcan sus poblaciones naturales en forma considerable (Bello-González *et al.*, 2015).

En México, el uso de especies forestales, como combustibles leñosos, logra abastecer a la mayoría de la población rural y una parte de la urbana, que, en conjunto, se estima es alrededor de 28 millones (Masera y Fuentes, 2006), sin embargo, su uso, conlleva a la perturbación de las comunidades vegetales y tiene implicaciones en la flora y fauna asociadas con este ecosistema. Asimismo, se tienen efectos adversos en la salud de la población humana expuesta a la quema de dichos combustibles (Quiroz-Carranza y Orellana, 2010). Ante lo cual, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006), menciona que su efecto, causa 3% de la carga total de morbilidad.

En el trabajo, se tratan dos temas relacionados con el conocimiento y prácticas para el abastecimiento de leña por parte de las familias locales. El primero, ilustra las percepciones sociales, acerca de la relación que existe entre la utilización de los fogones tradicionales abiertos y el uso de la leña por las familias de la comunidad. El segundo, se refiere a las estrategias emprendidas por los habitantes de Marcela, para garantizar los volúmenes requeridos de leña, entre ellas, las formas de obtención y funciones entre los miembros de las familias que dependen del biocombustible y su impacto en la vegetación existente, dentro del ecosistema de alta montaña. El objetivo de la investigación fue, por un lado, aportar datos empíricos al conocimiento de las relaciones de las familias rurales con los recursos naturales, en particular, la leña, mediante el análisis del consumo, extracción, uso y manejo de biocombustibles y por otro, analizar los procesos relacionados con el impacto en el ecosistema, debido a la extracción de biocombustibles leñosos, en una comunidad de alta montaña en Miquihuana, Tamaulipas, México.

## MARCO TEÓRICO

Es ampliamente reconocido, que el impacto de las actividades humanas, ocurre en todos los sitios y a todos los niveles; este impacto, se puede reconocer en zonas urbanas, campos agrícolas y en algunos ecosistemas sensibles como el bosque y la selva. La degradación por consumo de leña, es frecuentemente, discontinua y no lineal, mientras se mantenga por debajo de la capacidad de carga del ecosistema, el efecto de recolecta es casi imperceptible, pero cuando el consumo de leña por los habitantes es persistente, no permite la recuperación natural, causando deforestación (Sánchez *et al.*, 2003). Este uso, presenta consecuencias tanto socioeconómicas como ambientales, destacando la perturbación de las comunidades vegetales, con repercusiones en la flora y fauna asociada, cuando se supera la capacidad de recuperación o resiliencia del ecosistema (Quiroz-Carranza y Orellana, 2010).

Los bosques, son formaciones vegetales complejas, debido a su riqueza florística, su estructura y la convivencia entre las diferentes formas de vida, incluyendo plantas epífitas (Smith-Ramírez *et al.*, 2005). Los bosques de alta montaña, son hábitat de una amplia diversidad de especies vegetales, que intervienen en diversas funciones ambientales, tales como la acumulación del agua, influyen en el clima local, reducen los niveles de CO<sub>2</sub> en el ambiente, previenen la erosión edáfica, además, evitan desprendimientos de rocas y deslizamientos de tierra. A pesar de que el aprovechamiento del bosque, es una actividad que se ha llevado a cabo por miles de años, el crecimiento demográfico, ha significado una amenaza continua a la permanencia del bosque (Fernández-Pérez *et al.*, 2013).

La extracción de madera, es la principal causa de degradación en el bosque, pudiendo también conducir a la deforestación, sin embargo, las operaciones de tala selectivas, como las del consumo de leña, no provocan degradación, ni deforestación, siempre y cuando, se realicen de manera adecuada (Kannien *et al.*, 2008). Aunque los recursos de madera y biomasa domésticas, actualmente son abundantes, el reto, es mejorar la disponibilidad de la materia prima, el costo- eficiencia de la madera y el suministro de biomasa, para aumentar el valor de uso de materias primas nacionales (Hynynen *et al.*, 2015).

El recurso de la biomasa, se refiere al material vegetal o animal, madera, carbón vegetal, residuos de estiércol y cultivos (Gavrilescu y Chisti, 2005). Este se utiliza, como fuente de combustible para cocinar y de calefacción en los hogares rurales; sus diversas formas, han sido reconocidas como de utilidad y una fuente alternativa rentable de la energía térmica (Komala y Prasad, 2014). Sin embargo, la gran dependencia de este recurso, es una amenaza para los ecosistemas forestales y una receta para la degradación acelerada de los recursos de la tierra, debido a la creciente escasez de recursos madereros (Hakeem *et al.*, 2014).

La quema de biomasa, contribuye con un tercio de las emisiones mundiales de carbono negro, además, de ser una fuente importante de aerosoles orgánicos (Saleh *et al.*, 2014). El carbono negro, se forma a partir de la combustión incompleta de combustibles fósiles, biocombustibles y biomasa y se emite de forma directa a la atmosfera (Agencia de Protección Ambiental-EPA, 2012). Las partículas de este, representan un buen indicador de sustancias particuladas nocivas para la salud, emitidas por fuentes de combustión (Pañella *et al.*, 2017). Un contaminante atmosférico, se define como cualquier sustancia química-biológica o energía que, al agregarse al aire, puede modificar sus características naturales (Vallejo *et al.*, 2003). La contaminación en la atmosfera, se define como la presencia en el aire, de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza (Martínez y Díaz de Mera, 2004).

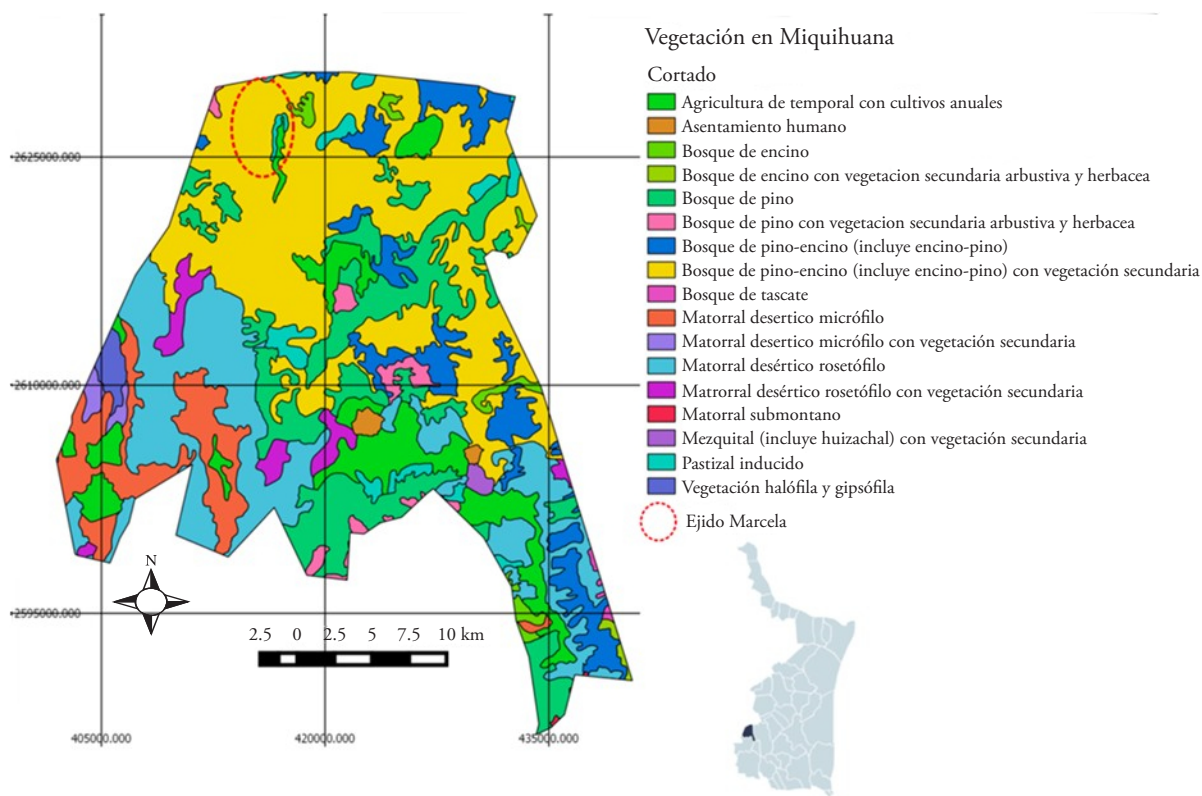
La mayoría de las personas, pasan largos periodos de tiempo en espacios cerrados y la contaminación en interiores de casas y edificios, puede tener mayor concentración de contaminantes que el aire en el exterior, por tanto, los riesgos a la salud, se incrementan (Delgado-Saborit 2011; Macías-Hernández, 2015). Las principales fuentes de contaminación en interiores, son aquellas que liberan gases y partículas en el aire (Özçimen, 2012; Heinsohn y Cimbala, 2003). La contaminación del aire en interiores, causada por combustibles sólidos para cocinar o para la calefacción, es uno de los factores de riesgo más importantes para contraer infecciones respiratorias agudas (Bhargava *et al.*, 2004; Billionnet *et al.*, 2011; Zhao *et al.*, 2011; Huboyo *et al.*, 2014; Upadhyay *et al.*, 2015).

La contaminación del aire en interiores, se asocia con un riesgo mayor de efectos adversos a la salud, que pueden ser agudos y crónicos, incluyendo infecciones respiratorias agudas, neumonía, tuberculosis crónica, enfermedad pulmonar, enfermedades cardiovasculares, cataratas y cáncer (Chakraborty *et al.*, 2014; Bekö *et al.*, 2015). Cada vez existe más evidencia de que, la exposición a una mala calidad del aire interior, es también responsable en el aumento de la mortalidad y la morbilidad (Ohura *et al.*, 2009, Anderson *et al.*, 2011; Rivas *et al.*, 2014). El mayor impacto, ocurre entre los países menos desarrollados, con población vulnerable y principalmente en mujeres y niños que son, quienes pasan periodos largos en interiores (Fullerton *et al.*, 2008).

## METODOLOGÍA

### Descripción del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en una zona de alta montaña, en la comunidad de Marcela, Miquihuana en Tamaulipas, México, ubicada dentro de las coordenadas latitud: 23.751389 y longitud: -99.818333, aproximadamente a 2,500 msnm, con una extensión de 13,200 hectáreas (INEGI, 2010). Se encuentra enclavada en la Sierra Madre Oriental y presenta condiciones ecológicas variadas, que han dado lugar, al establecimiento de los bosques de alta montaña (Figura 1); la



Fuente: elaboración propia con base en INEGI (2020).

**Figura 1.** Ubicación y vegetación de Marcela, Miquihuana, Tamaulipas.

vegetación predominante, es el bosque de pino-encino con matorral rosetófilo de *Agave gentryi* (Castillo-Hernández y Treviño-Carreón, 2009).

Los bosques de alta montaña con los que cuenta Marcela; son clasificados como parte de la vegetación de origen neártica, en donde el clima, tiene una estacionalidad muy marcada con un invierno prolongado. A pesar de que los bosques dominantes en este sitio presentan diferencias florísticas, su fisonomía y estructura es similar y las condiciones climáticas y edafológicas son típicas de los climas templados (Challenger, 1998; Treviño-Carreón y Valiente-Banuet, 2005), donde predomina el bosque de encino-pino, además de la presencia del matorral rosetófilo de *Agave gentryi*, con una zona de transición entre ambas comunidades vegetales (Castillo-Hernández y Treviño-Carreón, 2009).

Al oeste se localiza la sierra comúnmente llamada “El Borrado” con 3,400 msnm y al noroeste el cerro Peña Nevada, punto más alto de Tamaulipas con 3,662 msnm. Los suelos que predominan son arcillo-limosos con acarreo de materia orgánica; es abastecido por el manantial “Rincón de San Francisco” y el “Rincón del Pinal”, se destaca por sus recursos forestales maderables que abarcan 10,000 hectáreas aproximadamente de bosques de pino, compartidas

con los ejidos Valle Hermoso y Colonia La Peña. La comunidad de Marcela se localiza a una distancia de aproximadamente 65 kilómetros de la cabecera municipal (Periódico Oficial, 2008).

Ésta forma parte de las 20 localidades que conforman el municipio de Miquihuana, siendo la tercera con mayor rezago social (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social-CONEVAL, 2015).

En Miquihuana, habitan 3,704 siendo en su mayoría hombres con 51.6%, con una edad promedio de 29 años; mientras que Marcela cuenta con un total de 70 habitantes, entre ellos 40 hombres, conformado por 18 familias de origen tamaulipeco y potosino; este número ha disminuido por la migración de jóvenes a otras comunidades aledañas o la capital del estado; teniendo un porcentaje de migración municipal de 3.9, siendo la principal causa familiar (76%), enseguida por trabajo (7.8%), inseguridad (6.2%), otra causa (5.4%) y por continuar estudiando (4.7%). La población económicamente activa del municipio es de 40.4%, siendo los hombres de 12 años y más, los de mayor actividad con 82.2% (INEGI, 2020; INEGI, 2021).

### **Diagnóstico rural participativo**

Este permite el acercamiento con las comunidades, y así poder iniciar un acercamiento a la percepción de los habitantes de la comunidad sobre el uso, manejo y costumbres de la leña. De tal manera que se logre reconocer la importancia de cada detalle capturado, tanto con la observación como con las encuestas (Blanco *et al.*, 2017).

Se diseñó una encuesta de conocimiento y percepción, la cual, se aplicó a las mujeres, porque son quienes directamente hacen uso de este recurso leñoso; las preguntas se enfocaron sobre la cantidad de leños utilizados en el fogón abierto durante el día, horas diarias que pasa frente a él y los aspectos referentes al uso de la leña en los hogares, problemas para acceder al recurso, división sexual del trabajo para la recolección de leña, tiempo dedicado al abastecimiento de leña y el trabajo que implica obtenerla. Las encuestas fueron aplicadas a 11 mujeres de familias locales, de un total de 18 familias que habitan en la localidad de Marcela. Además, se utilizó la observación participativa, la cual involucra la interacción social entre el investigador y el informante (Taylor y Bogdan, 1984), para establecer las condiciones sobre el uso del fogón y de biocombustibles, tanto en la cocción de alimentos, como para protegerse de las bajas temperaturas dentro de los hogares rurales; así como los aspectos culturales, en cuanto a la disponibilidad y acceso para la obtención de la leña.

Con el fin de registrar detalles no incluidos en la encuesta o comentarios sobresalientes durante pláticas informales, se llevó a cabo una guía de observación. Esta se utilizó como base para la clasificación de datos culturales de Murdock (1989). Este documento permitió encausar la observación de

las variables de interés, la información fue retenida mediante fotografías mentales para posteriormente ser transcritas en un diario de trabajo de campo.

### **Evaluación y análisis del impacto sobre la vegetación**

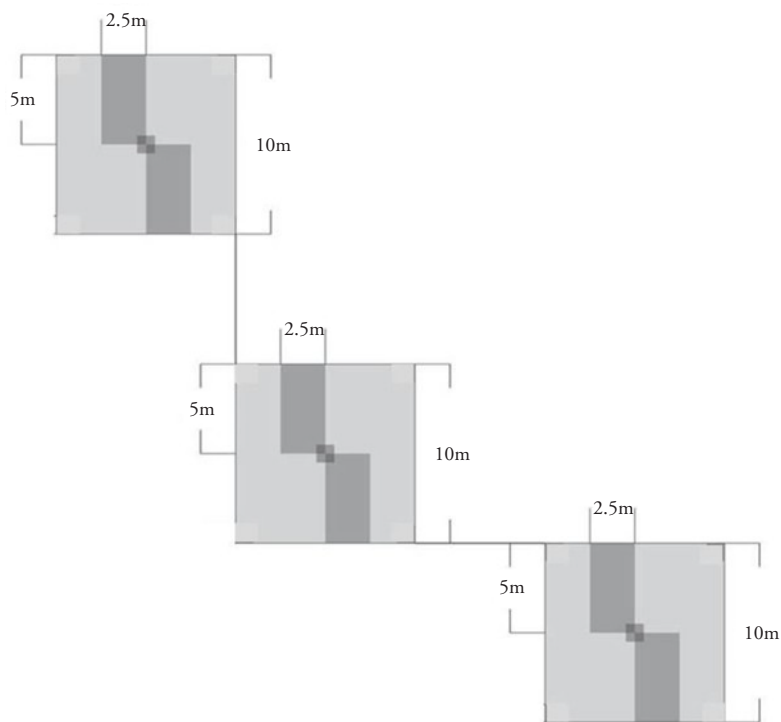
Para ello, se utilizaron imágenes para implementar un sistema de información geográfica mediante ArcView 3.2 y la sobre posición de imágenes en archivos digitales, de acuerdo con la cartografía digital de la serie IV de vegetación INEGI (2020) y mediante el uso de imágenes Landsat 5 y Landsat 8, con menos de 10% de nubosidad. Se calculó el Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI), el cual, permitió separar zonas cubiertas y zonas descubiertas de vegetación (Chuvienco, 1998), donde se analizó la cobertura vegetal de la comunidad entre los años 2010 y 2020. En las imágenes de 2010, se analizaron las bandas 3 y 4, en donde se encontró que el infrarrojo cercano, pertenece a la banda 3 y el rojo, representa las medidas de reflexión espectral de la banda 4; mientras que para el 2020 se analizaron las bandas 4 y 5 para el infrarrojo cercano y la región espectral rojo, respectivamente; con las imágenes de ambos años, se aplicó la fórmula que se presenta a continuación:

$$DVI = \frac{IRC - Rojo}{IRC + Rojo}$$

El análisis empleado para el cálculo del NDVI, se realizó por medio de la herramienta *Arcmap* 10.3 en los sistemas de información geográfica, con el fin de establecer y determinar la tasa de pérdida de vegetación durante la década analizada.

Se ubicaron las unidades de muestreo en las áreas seleccionadas donde, existe aprovechamiento de la leña por los habitantes de la comunidad; se llevaron a cabo, muestreos de vegetación en ocho sitios seleccionados al azar con características similares, cuatro en la zona con bosque de pino y cuatro en la zona con bosque de encino, alejando paulatinamente cada sitio de muestreo de la comunidad, entre uno a dos km entre sitios (Figura 2). Se midieron y contabilizaron las especies por estrato vegetal; en cada sitio, se fijaron tres cuadrantes con tres repeticiones de 10 x 10 m; dichos cuadrantes se dividieron en subunidades de muestreo para analizar los estratos de vegetación arbustiva y arbórea como muestra la Figura 2. Para el estrato arbóreo, se consideraron los individuos con altura superior a 1.3 m y con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a dos cm, en el caso arbustivo se consideraron las plantas con una altura promedio de 0.5 a 1.3 m y con ramificaciones desde la base de la planta.

Para cada una de las especies en los estratos vegetales, se obtuvo el Índice de Valor de Importancia ecológica (IVI) desarrollado por Curtis y McIntosh



Fuente: elaboración propia.

**Figura 2.** Cuadrante y subunidades de muestreo de la estructura vegetal arbórea y arbustiva.

(1951), donde se calculó la cobertura relativa ( $Cr$ ), la densidad relativa ( $Dr$ ) y la frecuencia relativa ( $Fr$ ).

$$IVI = Fr + Dr + Cr$$

## RESULTADOS

De acuerdo con la información obtenida del diagnóstico rural, la superficie cultivable es de aproximadamente 1,000 hectáreas, en las cuales se siembran semillas de cebada en 90%, maíz en 8%, haba, chícharos y papas en 2%. La precipitación pluvial anual es mayor a 600 milímetros. Como alternativa de producción, está la ganadería en pequeña escala en la cría de bovinos, ovinos, porcinos además de la industria avícola.

La principal actividad económica de los hombres es la agricultura y la ganadería extensiva. En cuanto a las actividades agrícolas, siembran avena, trigo, maíz, frijol, papa, habas y calabaza, además de dedicarse a la crianza de ovejas, cabras y ganado vacuno de registro. La agricultura y la ganadería de traspatio son complementadas con producción de avena, cebada y trigo, así como con la crianza de pollos, cerdos y guajolotes (*Meleagris gallopavo*).

Prácticamente, toda la producción, tanto vegetal como animal, se destina al autoconsumo, excepto los cultivos de cereales y de los becerros en pie; sin embargo, ocasionalmente, posibilita la entrada de ingresos a la familia por la venta de excedentes de producción en el resto de los cultivos y la venta de productos derivados de la leche. Otra fuente de ingresos para las familias locales, la constituyen las remesas enviadas por los migrantes de Estados Unidos de América o de las principales ciudades de los estados de San Luis Potosí, Tamaulipas y Nuevo León, en donde trabajan como albañiles, pintores o vendiendo comida o dulces, entre otras actividades de la rama comercial; la cual depende de la temporada, con duración variable, ya sea de algunos meses o de años.

En la comunidad Marcela en Miquihuana, Tamaulipas (México), el uso de la leña, como fuente de energía para cocinar los alimentos, es una práctica cotidiana, ya que las familias sólo cuentan con estufas de leña en fogón tradicional. Por ello, su recolección es una actividad de extrema relevancia, dada la importancia que dicho recurso tiene como combustible básico de uso doméstico. La extracción de leña, evidencia la estrecha relación de las familias con los recursos naturales, dado que tienen que abastecerse de dicho recurso y manejarlo al interior de la unidad doméstica para la elaboración de los alimentos; actividad relacionada con la división sexual del trabajo. De hecho, las mujeres rurales, son las encargadas del trabajo al interior de las unidades domésticas campesinas, lo que incluye responsabilidades asociadas con el hogar, entre ellas, la preparación de alimentos, quehaceres domésticos, cuidado y alimentación de niños, compra de provisiones y acarreo de agua y leña. Además, tienen participación en el trabajo productivo y comunitario.

#### **Análisis del consumo, extracción, uso y manejo de la leña**

De acuerdo a las encuestas, se determinó que, en gran parte de las familias de Marcela, se autoabastecen del biocombustible, siguiendo el patrón típico de las comunidades rurales del país (Del Amo, 2002). De las familias encuestadas 60% recolectan la leña en el bosque, sólo 10% la adquieren por medio de la compra, y 30% emplea las dos estrategias. Ello se debe a que muchas familias no cuentan con una cantidad suficiente de leña que les permita cubrir la demanda total por semana, sin embargo, es suficiente para cubrir parte de las necesidades diarias. Se encontró que la mayor cantidad de familias usan principalmente la leña como combustible, mientras que 18% combinan el uso de la leña con gas LP, debido a que en la comunidad existe un acceso diferencial al recurso, en función de las posibilidades de obtención de combustibles por parte de las familias.

Por lo que atañe al suministro del biocombustible la decisión sobre quienes tienen esta responsabilidad, está determinado principalmente por los siguientes factores: a) relaciones de poder dentro del núcleo doméstico; b) actividades

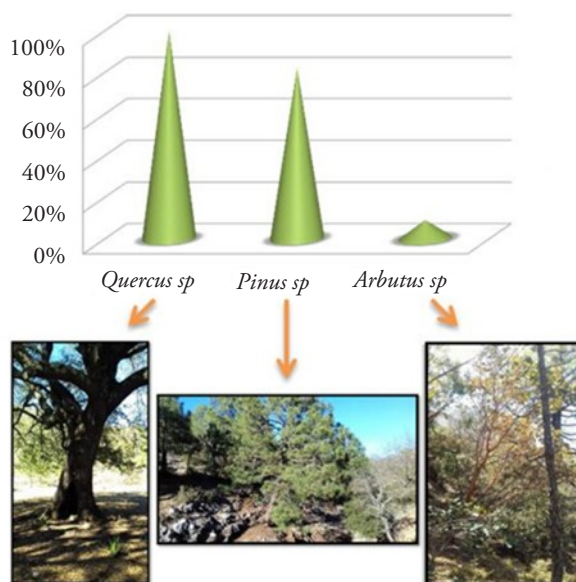
productivas realizadas por cada uno de los miembros de la familia; c) número de integrantes de la familia; d) proporción de hombres y mujeres en el hogar; y e) capacidad física de los integrantes de la familia, muchas veces relacionada con la edad o las enfermedades. Debido a que los hombres se responsabilizan de las labores domésticas que requieren de mayor fuerza, las mujeres se ocupan de abastecer y administrar los recursos para cumplir con su rol dentro del ámbito doméstico, esto determina que, en muchas partes, sean las mujeres las responsables del abasto de leña en sus hogares (Calderón *et al.*, 2018; Soares, 2006).

Estos resultados demuestran que existe una complementariedad de funciones y solidaridad entre los miembros de las familias con el fin de asegurar el mayor volumen posible del biocombustible. De esta manera, y a pesar de que los hombres son los principales responsables del abasto de leña al hogar en la comunidad de Marcela, esta labor es también responsabilidad de todos los miembros de la unidad doméstica familiar, siempre y cuando estén en condiciones de poder hacerlo.

De los esposos, hijos e hijas 74.5% realizan las tareas de corte y acarreo de la leña, 20% señaló que las esposas apoyan en esta actividad, y cuando todos los miembros de la familia están ocupados, son únicamente las mujeres quienes se encargan de abastecer la leña (5.5%). A pesar de que un porcentaje relativamente elevado de las jefas de familias encuestadas (73%) haya contestado que toda la familia participa en la recolección de la leña, la contribución de los maridos en la recolección de la leña se da siempre, así tengan actividades agrícolas o pecuarias dentro de la unidad de producción. Sin embargo, aun cuando todos los miembros de la familia participan, la división sexual del trabajo al interior de la actividad de abasto de leña está diferenciada, ya que son los hombres adultos a quienes les corresponde cortar los árboles, mientras que las mujeres y los hijos se encargan de acomodar los leños en cargas para el acarreo.

Las principales especies utilizadas para cocinar y para la calefacción, (Figura 3) es el pino (*Pinus pseudostrobus*), el encino (*Quercus mexicana*) y el madroño (*Arbutus xalapensis*); son las especies forestales preferidas, debido a que son maderas duras y de larga duración, de las cuales el encino (*Quercus mexicana*), es la especie aprovechada por todos los habitantes.

De estas especies, la cantidad de leña utilizada por familia en promedio en una semana es de 60 leños, equivalentes a 1.41 m<sup>3</sup> de madera, esto representa aproximadamente 74 m<sup>3</sup> por familia al año. Las familias utilizan fogón tradicional al menos cinco veces por semana en la comunidad de Marcela, por lo tanto, la cantidad de madera utilizada al año en la comunidad es de aproximadamente 686.4 m<sup>3</sup>, considerando las temporadas de calor y frío con un promedio de temperatura de 16.5 °C; esta madera se obtiene de zonas aledañas a la comunidad en un radio aproximado de dos km (Cuadro 1) y tardan en obtenerla, entre una y tres horas a la semana.



Fuente: elaboración propia con información de campo (2019).

**Figura 3.** Principales especies utilizadas para cocinar y para la calefacción.

En cuanto a las estrategias empleadas por los habitantes de Marcela para garantizar el volumen de leña requerido para el uso familiar, se organizan en diferentes formas para la obtención del recurso, lo cual va a depender de la edad, el sexo y las funciones entre los miembros de las familias para abastecerse del biocombustible, así como del acceso para su búsqueda, es decir, del impacto en la estructura arbórea existente dentro del ecosistema de alta montaña, información que se presenta de acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de los datos. En la comunidad, el uso de la leña como fuente de energía para cocinar los alimentos o para la elaboración de tortillas, es una práctica cotidiana, debido a

**Cuadro 1.** Distancia recorrida para recolectar especies forestales partiendo del centro de comunidad de Marcela, Tamaulipas, México.

Especies	1 Km	1.5 Km	2 Km
<i>Pinus pseudostrobus</i>	100	150	325
<i>Quercus mexicana</i>	75	125	375
<i>Quercus miquihunense</i>	0	100	80
<i>Arbutus xalapensis</i>	0	0	25
<i>Abies sp</i>	0	0	25
<i>Agave gentry</i>	850	700	775

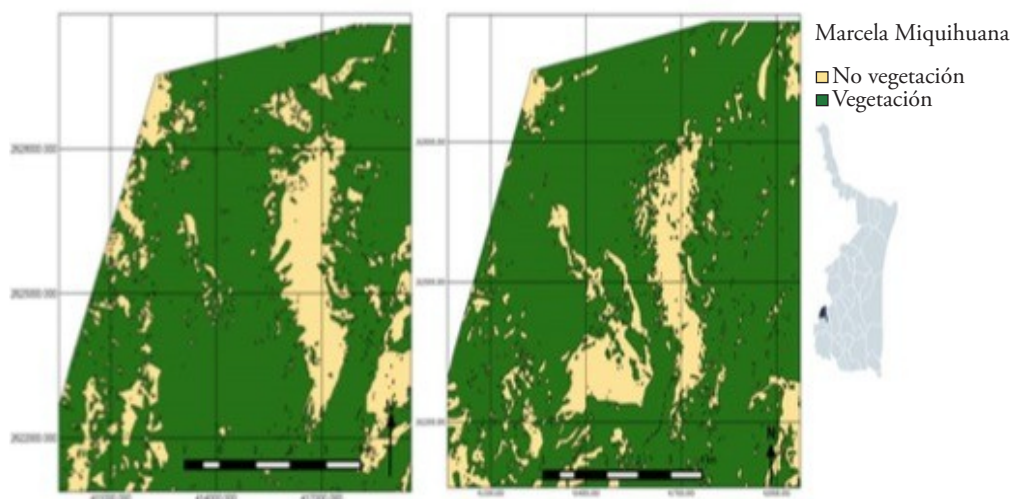
Fuente: elaboración propia con información de campo (2019).

que las familias sólo cuentan con estufas de leña, por lo que el fogón permanece encendido entre ocho y diez horas al día. Por ello, la recolección de la leña es una actividad relevante, ya que este recurso es utilizado como combustible básico para el quehacer doméstico. La leña, además se emplea para calentar los hogares, principalmente durante los fuertes inviernos que azotan a la comunidad o para secar la carne para su conservación, esta es una tradición cultural de la región sobre el consumo de la carne seca.

### Impacto en el ecosistema

Con base en el análisis para obtener el NDVI, se pudo determinar el impacto en las zonas en donde se obtienen los combustibles leñosos, no sólo de las especies maderables, sino también de las especies asociadas. Para el año 2010, se identificó un porcentaje de vegetación de 56.9% con respecto al área total de la comunidad y, en el año 2020, se obtuvo 49.2% (Figura 4); lo que representa una pérdida de 7.1% de cobertura vegetal en un periodo de diez años en la zona de estudio, esto corrobora la información proporcionada por los habitantes y los sitios de recolección del material leñoso.

La vegetación dominante de estos sitios, la constituye una masa pura compuesta por especies del género *Pinus*, al que se le denomina bosque de pino, según el sistema de clasificación de Miranda y Hernández (1963). Estos bosques, se desarrollan en alturas entre 2,700 y 3,100 msnm. El estrato bajo, lo compone en forma de manchones de individuos de pino provenientes de la regeneración, con una altura de cinco metros, así como un matorral de encino con altura inferior a los tres metros, asociado con arbustos rosetófilos como el maguey chino (*Agave montana*), el maguey verde (*Agave gentryi*) y la lechuguilla (*Agave*



Fuente: elaboración propia con base en imágenes en archivos digitales (INEGI, 2020).  
**Figura 4.** NDVI 2010 en Marcela, Miquihuana, Tamaulipas, México.

*lechuguilla*). En algunas cañadas, se observan especies de encinos (*Quercus spp.*) y alamillos (*Populus sp.*) en áreas pequeñas, mientras que el estrato bajo de estos bosques está conformado por la vegetación rosetófila.

Los resultados obtenidos, con base en los cuadrantes de muestreo analizados en campo, establecen que el IVI más alto para cada sitio, fue para pino y encino. Estos indican que existe un incremento en la densidad poblacional de las especies de pino y encino, con respecto a la distancia de la comunidad. Las especies utilizadas como biocombustible y con mayor valor en el IVI son: 56.3% para el encino (*Quercus mexicana*) y 54.9% para el pino (*Pinus pseudostrobus*). En cuanto a la diversidad de las especies, el análisis de los datos establece que la distancia a la que se encuentra de la comunidad es determinante, tal es el caso de las especies como el madroño (*Arbutus xalapensis*) y el oyamel (*Abies sp.*), cuyos individuos se empezaron a localizar a los dos kilómetros de distancia desde el centro de la comunidad (Cuadro 1).

De acuerdo con la ubicación geográfica de Marcela, los habitantes poseen fácil acceso a las zonas de bosque, por lo tanto, pueden conseguir fácilmente el biocombustible; sin embargo, con el paso del tiempo la recolección de leña implica mayor esfuerzo, debido a que cada vez deben de recorrer una distancia mayor para poder conseguirla, lo que supone mayor inversión de tiempo en esta actividad por parte de los hombres de la comunidad.

## DISCUSIÓN

En un estudio realizado por Gil-Mora *et al.* (2020) en bosques por encima de los 3,500 msnm, la escasez de leña y el trabajo que cuesta obtenerla, exhorta a las comunidades a no desperdiciarla. Las mujeres y los jóvenes son los encargados de recolectar la leña que se encuentran en su recorrido junto al ganado, la cual constituye su provisión diaria. Sin embargo, existe una división de trabajo en la obtención de ésta, donde el hombre puede obtener una mayor carga de leña, mientras que las mujeres y niños, una menor carga de leña. Bello-Román *et al.* (2023) reportaron que el sitio más distante para la recolección de especies dendroenergéticas, son los bosques; por lo que la disponibilidad de estos recursos incrementaba durante el trayecto. Esto quiere decir, que el manejo de las especies utilizadas como leña implica el conocimiento de su disponibilidad en el tiempo y espacio.

La recolección de leña contribuye a generar un impacto sobre la cobertura vegetal, Santos *et al.* (2012), mencionan que este depende de la intensidad de la colecta y la abundancia del recurso maderable. Además, se vinculan aquellos efectos ambientales negativos derivados de la presión antropogénica en las poblaciones de especies vegetales utilizadas como biocombustibles. Esto corrobora que, además del patrón altitudinal de la diversidad forestal, las acciones antropogénicas explican parte de la variación en altura de especies leñosas localizadas en los alrededores de la comunidad de Marcela.

Marcela, cuenta con plantas y animales endémicos, cuyas poblaciones se han reducido por la fragmentación y reducción del ecosistema, debido a la extracción selectiva de árboles para la utilización como madera para instalaciones, como tutores, combustible o postes para cercos; los que posteriormente terminan transformados en sistemas agrícolas y ganaderos convencionales. Lo anterior, sumado a la alta dispersión de la población en zonas apartadas de los centros de población, los altos costos de uso de la energía eléctrica, la carencia de fuentes alternas de energía diferentes a la combustión de biomasa, hacen que las comunidades utilicen la leña como principal combustible para la preparación de sus alimentos (Ramírez y Taborda, 2014; Rosenthal, 2015; Hernández-Garduño *et al.*, 2017).

El consumo de leña para uso doméstico, bajo el esquema de aprovechamiento de ramas caídas y secas de los árboles, no altera la estructura y función esencial del bosque, donde las comunidades vegetales resultan beneficiadas ya que al extraer la madera muerta se reduce el peligro de incendios, la presencia de plagas forestales y el aclareo favorece la renovación natural tal y como afirman Maser y Fuentes (2006), en un trabajo sobre los procesos de perturbación de las comunidades vegetales en Yucatán generados por otras actividades humanas. Por otra parte, en un estudio realizado por Cortés-Blobaum *et al.* (2019) en Hidalgo, México, reportan que la percepción de los habitantes del área de estudio, es que la extracción de leña impacta de manera positiva al bosque, lo cual coincide con lo reportado por otros autores.

El impacto de la extracción insustentable de leña nativa sobre los bosques de suelos frágiles y de baja productividad, es mayormente crítico, así como por la ausencia de políticas y programas ambientales que permitan abordar esta situación. Por lo que es necesario un sistema que permita monitorear su consumo y regular la demanda de leña de especies nativas (Reyes *et al.*, 2022).

## CONCLUSIONES

En la comunidad, el uso de la leña como fuente de energía para cocinar es una práctica cotidiana, ya que las familias solamente poseen estufas de leña y cocinan con fogones tradicionales a fuego abierto. Por ello su recolección es una actividad diaria e importante, dado que este recurso es utilizado como combustible básico en el consumo doméstico.

La extracción y abastecimiento de leña evidencia la estrecha relación de las familias con los recursos naturales, dado que les toca abastecerse del recurso y manejarlo al interior de la unidad doméstica. Esta actividad aun cuando se realiza de acuerdo con la tradicional división del trabajo entre mujeres y hombres, es exclusiva del sexo masculino; sin embargo, cuando la leña disminuye en el hogar, las mujeres intervienen cuando los hombres se ocupan en las labores agropecuarias.

La densidad de individuos de las especies maderables en la zona disminuye debido a la extracción de leña para el uso doméstico. Caso contrario la diversidad de especies (en el bosque de pino) es directamente proporcional a la distancia de la comunidad Marcela, principalmente en las especies maderables. Por lo que se recomienda fomentar la eficiencia del uso de leña a través de estufas ecológicas que permitan aprovechar la energía, así mismo promover la conservación de su hábitat, ya que los pobladores dependen de estos recursos para sus necesidades básicas como alimentarse y calefaccionarse.

#### AGRADECIMIENTOS

Reconocimiento por el apoyo a la Universidad Autónoma de Tamaulipas, al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías, a la Facultad de Ingeniería y Ciencias, y muy en especial a la comunidad La Marcela de Miquihuana Tamaulipas por la oportunidad de desarrollar esta investigación en su territorio.

#### REFERENCIAS

- Anderson JO, Thundryil JG, Stolbach A. 2011. Clearing the air. A review of the effects of particulate matter air pollution on human health. *Journal of Medical Toxicology*. 8. 166-175. <https://doi.org/10.1007/s13181-011-0203-1>
- Arfin T, Faruq M, NorAzah Y. 2014. Biomass Resources in Environmental and Socio-Economic Analysis of Fuel-Wood Consumption. *In: Biomass and Bioenergy*; Hakem KR, Jawaaid M & Rashid U (eds); Editor: Springer International Publishing, Switzerland, 1ª ed., DOI: 10.1007/978-3-319-07578-5. pp: 119-206.
- Bekö G, Kjeldsen BU, Olsen Y, Schipperijn J, Wierzbicka A, Karotki DG, Toftum J, Loft S, Clausen G. 2015. Contribution of various microenvironments to the daily personal exposure to ultrafine particles: Personal monitoring coupled with GPS tracking. *Atmospheric Environment*. 110. 122-129. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.03.053>.
- Bello-González M, Hernández-Muñoz S, Lara-Chávez M, Salgado-Garciglia R. 2015. Plantas útiles de la comunidad indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. *Polibotánica*. 39. 175-215. <https://www.polibotanica.mx/pdf/pb39/juan.pdf>.
- Bello-Román M, García-Flores A, Colin-Bahena H, Román-Montes de Oca E, 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>.
- Bhargava A, Khanna RN, Bhargava SK, Kumar S. 2004. Exposure risk to carcinogenic PAHs in indoor-air during biomass combustion whilst cooking in rural India. *Atmospheric Environment*. 38. 4761-4767. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.05.012>.
- Billionnet C, Gay E, Kirchner S, Leynaert B, Annesi-Maesano I. 2011. Quantitative assessments of indoor air pollution and respiratory health in a population-based sample of French dwellings. *Environmental Research*. 111(3). 425-434. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2011.02.008>.
- Blanco TS, Ramírez ED, Muñoz SM. 2017. Manual de diagnóstico rural participativo con enfoque territorial: una guía para la elaboración de diagnósticos rurales, 1ª ed; Universidad Santo Tomás: Bucaramanga, Colombia, pp. 51. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/34232>.
- Calderón A, Jiménez LM, Soto-Pinto L. 2018. Mujeres y tecnologías para el consumo de leña en una localidad indígena en Chiapas. *In: Género, energía y sustentabilidad, aproximaciones desde la Academia*, 1ª ed.; De Luca A, Vázquez V, Bose P y Velázquez M (eds); Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, <https://doi.org/10.22201/crim.9786073009997e.2018>. pp: 147-176.
- Castillo-Hernández H, Treviño-Carreón J. 2009. Biología floral de *Agave gentryi* ullrich (Agavaceae) en la localidad de la Marcela, Miquihuana, Tamaulipas. *Ciencia UAT*. 4(2). 62-66. <https://revistaciencia.uat.edu.mx/index.php/CienciaUat/article/view/354>.
- Chakraborty D, Mondal NK, Datta JK. 2014. Indoor pollution from solid biomass fuel and rural health damage: A micro-environmental study in rural area of Burdwan, West Bengal.

- International Journal Sustainable. Built Environment. 3(2). 262-271. <https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2014.11.002>.
- Challenger A. 1998. Utilización y conservación de ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. 1ª. Ed.; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Instituto de Biología, 847 p.
- Chuvieco E. 1998. El factor temporal en teledetección: evolución fenomenológica y análisis de cambios. *Revista de Teledetección*. 10. 1-9. [https://www.aet.org.es/revistas/revista10/AET10\\_4.pdf](https://www.aet.org.es/revistas/revista10/AET10_4.pdf).
- CONEVAL (Comisión Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social). 2015. Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2015, Miquihuana, Tamaulipas. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/46892/Tamaulipas\\_026.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/46892/Tamaulipas_026.pdf).
- Cortés-Blobaum HJ, Rodríguez-Laguna R, Otazo-Sánchez EM, Prieto-García F, Fragoso-López PI, Razo-Zárate R. 2019. Patrones culturales de uso de leña en la primera área protegida de Latinoamérica, El Chico, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. 6(2). 15-26. <http://www.reibci.org/publicados/2019/abr/3400108.pdf>.
- Curtis JT, McIntosh RP. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*. 32(3). 476-496. <https://doi.org/10.2307/1931725>.
- Del Amo S. 2002. La leña: el energético rural en tres microrregiones del sureste del país. Una experiencia interactiva con la población local, 1ª ed.; Plaza y Valdez, México; 189 p.
- Delgado-Saborit JM, Stark C, Harrison RM. 2011. Carcinogenic potential, level sources of polycyclic aromatic hydrocarbon mixtures in indoor and outdoor environments and their implications for air quality standards. *Environment International*. 37(2). 383-392. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.10.011>.
- EPA (Agencia de Protección Ambiental). 2012. Report to congress on Black Carbon. <https://www3.epa.gov/airquality/blackcarbon/index.html>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. Bosques y Energía: cuestiones clave. <https://www.fao.org/4/i0139s/i0139s00.htm>.
- Fernández-Pérez L, Ramírez-Marcial N, González-Espinoza M. 2013. Reforestación con *Cupressus lusitánica* y su influencia en la diversidad del bosque de pino-encino en los altos de Chiapas, México. *Botanical Sciences*. 91(2). 207-216. <https://doi.org/10.17129/botsci.415>.
- Fullerton DG, Bruce N, Gordon SB. 2008. Indoor air pollution from biomass fuel smoke is a major health concern in the developing world. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine & Hygiene*. 102(9). 843-851. <https://doi.org/10.1016/j.trstmh.2008.05.028>.
- Gavrilescu M, Chisti Y. 2005. Biotechnology a sustainable alternative for chemical industry. *Biotechnology Advances*. 23(7-8). 471-499. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2005.03.004>.
- Gil-Mora JE, Baca-Flores JA, Álvarez-MoscOSO ME. 2020. Consumo de leña y estimaciones del valor calorífico de especies de plantas utilizadas por las comunidades campesinas de la cordillera del Vilcanota, Cusco. *Q'EUÑA*. 11(1). 41-58. <https://doi.org/10.51343/rq.v11i1.431>.
- Gottle A, Sène E. 1997. Funciones protectivas y ambientales de los bosques. XI Congreso Forestal Mundial, Antalya, Turquía. 13-22 de octubre de 1997. <https://www.fao.org/4/w6251s/w6251s06.htm>.
- Hakeem KR, Jawaid M, Rashid U. 2014. Biomass and Bioenergy: Processing and Properties, 1ª ed.; Springer, USA; <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-07641-6>. pp: 191-206.
- Heinsohn RJ, Cimbala JM. 2003. Indoor air quality engineering: Environmental health and control on indoor pollutants, Marcel Dekker, Inc. USA. 920 p. <https://doi.org/10.1201/9780203911693>.
- Hernández-Garduño E, Gómez-García E, Campos-Gómez S. 2017. Prevalence trends of wood use as the main cooking fuel in Mexico, 1990-2013. *Salud Pública de México*. 59(1). 68-75. <https://doi.org/10.21149/7770>.
- Huboyo HS, Tohno S, Lestari P, Mizohata A, Okumura M. 2014. Characteristics of indoor air pollution in rural mountainous and rural coastal communities in Indonesia. *Atmospheric Environment*. 82. 343-350. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.10.044>.
- Hynynen J, Salminen H, Ahtikoski A, Huuskonen S, Ojansuu R, Siipilehto J, Lehtonen M, Eerikäinen K. 2015. Long-term impacts of forest management on biomass supply and forest resource development: a scenario analysis for Finland. *European Journal of Forest Research*. 134. 415-431. <https://doi.org/10.1007/s10342-014-0860-0>.
- INEGI. 2010. Censo de Población y Vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). <https://www.inegi.org.mx/programa/s/ccpv/2010/>.
- INEGI. 2020. Sistema de Información Geográfica; Guía para la interpretación de cartografía de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250, 000 Serie VI, Instituto Nacional de Estadística y

- Geografía, México; [https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/702825092030.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825092030.pdf). 204 p.
- INEGI. 2021. Panorama sociodemográfico de Tamaulipas: Censo de Población y Vivienda 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), México; [https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/702825198015.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825198015.pdf). 111 p.
- Kannien M, Murdiyarsa D, Seymour F, Angelsen A, Wunder S, German L. 2008. ¿Crecen los árboles sobre el dinero? Implicaciones de la investigación sobre deforestación en las medidas para promover la REDD, 1ª ed.; Center for International Forestry Research, Indonesia; [http://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/Books/BKanninen0801SP.pdf](http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BKanninen0801SP.pdf). 62 p.
- Komala HP, Prasad AGD. 2014. Utilization pattern of biomass energy and socioeco-nomic dimensions associated with Yelandur, Karnataka, India. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*. 5. 1-7. <https://doi.org/10.1007/s40095-014-0095-3>.
- Macías-Hernández BA. 2015. Influence of indoor microenvironment and personal activities on the inhalation dose and personal exposure to PM 2.5, PAH, OXY-PAH, VOC and BC air pollutants. Tesis de Doctor en Filosofía, Universidad de Birmingham, United Kingdom. [https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/7731/4/Macias\\_Hernandez17PhD.pdf](https://etheses.bham.ac.uk/id/eprint/7731/4/Macias_Hernandez17PhD.pdf).
- Martínez E, Díaz de Mera Y. 2004. Contaminación Atmosférica, 1ª ed.; Universidad de Castilla-La Mancha, España; <https://books.google.com.ec/books?id=eyTSAgAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>. 288 p.
- Masera OR, Fuentes GA. 2006. Estado actual de la bioenergía en México. *In: La bioenergía en México, un catalizador del desarrollo sustentable*; Masera OR Ed. Red Mexicana de Bioenergía, Mundi-Prensa y Comisión Nacional Forestal Red Mexicana de Bioenergía, A.C., pp. 1-6.
- Merino-Perez L. 2013. Conservation and Forest Communities in Mexico: Experiences, Visions and Rights. *In: Community Action for Conservation*, 1ª ed.; Porter-Bolland L, Ruiz-Mallén I, Camacho-Benavides C y McCandless S. (eds); Springer, New York, USA; [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7956-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7956-7_3). pp: 25-44.
- Miranda F, Hernández E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Botanical Sciences*. 28. 29-179. <https://doi.org/10.17129/botsci.1084>.
- Murdock G. 1989. Cultural studies: Cultural studies: Missing links. *Critical studies in mass communication*. 6(4). 436-440. <https://doi.org/10.1080/15295038909366769>.
- Ohura T, Amagai T, Shen X, Li S, Zhang P, Zhu L. 2009. Comparative study on indoor air quality in Japan and China: Characteristics of residential indoor and outdoor VOCs. *Atmospheric Environment*. 43(40). 6352-6359. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.09.022>.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2006. Energía doméstica y salud, combustibles para una vida mejor. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241563161>.
- Özçimen D, Terzioğlu P, Yücel S. 2012. Human health effects of air conditioners. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*. 30. 56-65. <https://sigma.yildiz.edu.tr/storage/upload/pdfs/1636102079-en.pdf>.
- Pañella P, Casas M, Donaire-González D, García-Esteban R, Robinson O, Valentín A, Gulliver J, Momas I, Nieuwenhuijsen M, Vrijheid M, Sunyer J. 2017. Ultrafine particles and black carbon personal exposures in asthmatic and non-asthmatic children at school age. *Indoor air*. 27(5). 891-899. <https://doi.org/10.1111/ina.12382>.
- Periódico Oficial. 2008. Plan Municipal de Desarrollo 2008-2010, del municipio de Miquihuana, Tamaulipas. <https://po.tamaulipas.gob.mx/wp-content/uploads/2018/10/cxxxiii-38-260308F-MIQUIHUANA.pdf>.
- 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. <http://dx.doi.org/10.21829/myb.2010.1621172>.
- Ramírez JF, Taborda AL. 2014. Consumo de leña en fogones tradicionales en familias campesinas del oriente antioqueño. *Producción + Limpia*. 9(1). 99-114. <https://revistas.unilallista.edu.co/index.php/pl/article/view/655>.
- Reyes R, Sanhueza R, Schueftan A. 2022. Consumo de leña y otros biocombustibles sólidos en la región de Los Lagos: fuerte presión sobre bosques que crecen en suelos frágiles. *Bosques Energía Sociedad*. (15). 1-35. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/32537>.
- Rivas I, Viana M, Moreno T, Pandolfi M, Amato F, Reche C, Bouso L, Álvarez-Pedrerol M, Alastuey A, Sunyer J, Querol X. 2014. Child exposure to indoor and outdoor air pollutants in schools in Barcelona, Spain. *Environment International*. 69. 200-212. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.05.011>.

- envint.2014.04.009.
- Rosenthal J. 2015. The Real Challenge for Cook stoves and Health: More Evidence. *EcoHealth*. 12. 8-1. <https://doi.org/10.1007/s10393-014-0997-9>.
- Sada-Ovalle I, Ocaña-Guzmán R, Torre-Bouscoulet L. 2015. Biomass smoke, innate immunity and Mycobacterium tuberculosis. *NCT Neumología y Cirugía de Tórax*. 74(2). 118-126. <https://dx.doi.org/10.35366/60424>.
- Saleh R, Robinson ES, Tkacik DS, Ahern AT, Liu S, Aiken AC, Sullivan RC, Presto AA, Dubey MK, Yokelson RJ, Donahue NM, Robinson AL. 2014. Brownness of organics in aerosols from biomass burning linked to their black carbon content. *Nature Geoscience*. 7. 647- 650. <https://doi.org/10.1038/ngeo2220>.
- Sánchez O, Vega E, Peters E, Monrroy-Vilchis O. 2003. Conservación de ecosistemas templados de montaña en México, 1ª ed.; Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México; [https://www.buyteknet.info/fileshare/data/analisis\\_lect/Conservaci%C3%B3n%20de%20ecosistemas%20templados%20de%20monta%C3%B1a%20en%20M%C3%A9xico.pdf](https://www.buyteknet.info/fileshare/data/analisis_lect/Conservaci%C3%B3n%20de%20ecosistemas%20templados%20de%20monta%C3%B1a%20en%20M%C3%A9xico.pdf). 315 p.
- Santos A, Estrada E, Rivas G. 2012. Uso de leña y conservación del bosque en el volcán Huitepec, Chiapas, México. *LiminaR*. 10(1). 138-158. <https://liminar.cesmeca.mx/index.php/r1/article/view/41/33>.
- Smith-Ramírez C, Armesto JJ, Valdovinos C. 2005. Historia, biodiversidad y ecología de los bosques costeros de Chile, 1ª ed.; Editorial Universitaria S. A. Chile; 708 p.
- Soares D. 2006. Género, leña y sostenibilidad: el caso de una comunidad de los Altos de Chiapas. *Economía, Sociedad y Territorio*. 6(21). 151-175. <https://doi.org/10.22136/est002006276>.
- Taylor SJ, Bogdan R. 1984. Introducción a los métodos cualitativos en investigación. Ediciones Paidós: España; <https://pics.unison.mx/maestria/wp-content/uploads/2020/05/Introduccion-a-Los-Metodos-Cualitativos-de-Investigacion-Taylor-S-J-Bogdan-R.pdf>. 329 p.
- Treviño-Carreón J, Valiente-Banuet A. 2005. La vegetación de Tamaulipas y sus principales asociaciones vegetales. *In: Biodiversidad Tamaulipeca*, 1ª ed.; Barrientos L, Correa A, Horta JV y García J (eds); Dirección General de Educación Superior Tecnológica, Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria: Tamaulipas, México; Volumen 1, [https://www.academia.edu/12678354/La\\_vegetaci%C3%B3n\\_de\\_Tamaulipas\\_y\\_sus\\_principales\\_asociaciones\\_vegetales](https://www.academia.edu/12678354/La_vegetaci%C3%B3n_de_Tamaulipas_y_sus_principales_asociaciones_vegetales). pp: 22-46.
- Upadhyay AK, Singh A, Kumar K, Singh A. 2015. Impact of indoor air pollution from the use of solid fuels on the incidence of life-threatening respiratory illnesses in children in India. *BMC Public Health*. 15. 2-3. <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1631-7>.
- Vallejo M, Jauregui-Renaud K, Hermosillo AG, Márquez MF, Cárdenas M. 2003. Efectos de la contaminación atmosférica en la salud y su importancia en la ciudad de México. *Gaceta Médica de México*. 139(1). 57-63. [https://www.anmm.org.mx/bgmm/1864\\_2007/2003-139-1-57-63.pdf](https://www.anmm.org.mx/bgmm/1864_2007/2003-139-1-57-63.pdf).
- Zhao P, K. P. Yu, C. C. Lin. 2011. Risk assessment of inhalation exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons in Taiwanese workers at night markets. *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 84. 231- 237. <https://doi.org/10.1007/s00420-010-0551-1>.