



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN
ENERGÍAS RENOVABLES**

TESIS

**“ESTUDIO DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA BIOMASA
FORESTAL EN EL EJIDO LA REFORMA, MUNICIPIO DE
PALENQUE, CHIAPAS”**

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN MATERIALES Y SISTEMAS
ENERGÉTICOS RENOVABLES**

PRESENTA

ING. JULIO CÉSAR LÓPEZ REYES

DIRECTORES

**DR. PASCUAL LÓPEZ DE PAZ
DR. MARCELINO GARCÍA BENITEZ**

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

MARZO DE 2023.



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 31 de marzo de 2023

Oficio No. SA/DIP/261/2023

Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

C. Julio César López Reyes

CVU 1104041

Candidato al Grado de Maestro en Materiales y Sistemas Energéticos Renovables

Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables

UNICACH

Presente

Con fundamento en la **opinión favorable** emitida por escrito por la Comisión Revisora que analizó el trabajo terminal presentado por usted, denominado **Estudio del potencial energético de la biomasa forestal en el ejido La Reforma, municipio de Palenque, Chiapas** cuyos Directores de tesis son el Dr. Pascual López de Paz (CVU 240828) y Dr. Marcelino García Benítez (CVU 285884) quienes avalan el cumplimiento de los criterios metodológicos y de contenido; esta Dirección a mi cargo **autoriza** la impresión del documento en cita, para la defensa oral del mismo, en el examen que habrá de sustentar para obtener el **Grado de Maestro en Materiales y Sistemas Energéticos Renovables**.

Es imprescindible observar las características normativas que debe guardar el documento impreso, así como realizar la entrega en esta Dirección de un ejemplar empastado.

Atentamente

"Por la Cultura de mi Raza"

Dra. Carolina Orantes García
Directora



**DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
Y POSGRADO**

C.c.p. Dr. Pascual López de Paz, Director del Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables, UNICACH. Para su conocimiento.

Dr. Héber Vilchis Bravo, Coordinador del Posgrado, Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables, UNICACH. Para su conocimiento
Archivo/minutario.

RJAG/COG/eco/igp/gtr

2023 AÑO DE FRANCISCO VILLA
EL REVOLUCIONARIO DEL PUEBLO

Dirección de
Investigación
y Posgrado

Dirección de Investigación y Posgrado
Libramiento Norte Poniente No. 1150
Colonia Lajas Maciel C.P. 29039
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
Tel:(961)6170440 EXT.4360
investigacionyposgrado@unicach.mx

Agradecimientos

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** por el apoyo económico brindado a un servidor.

Al **cuerpo académico de posgrado** de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas por el conocimiento impartido; gracias a ello, me siento comprometido con el uso de las energías renovables.

A los revisores de mi tesis los doctores: **Amina El Mekaoui** y **Carlos A. Meza Avendaño** por sus valiosos comentarios que enriquecieron mi trabajo.

A mis directores de tesis, al **Dr. Pascual López de Paz** por creer en mi persona, por su apoyo, su tiempo y su amistad. En especial al **Dr. Marcelino García Benítez** por su apoyo incondicional, por su paciencia, tolerancia y por su amistad.

Al **Dr. Víctor M. Ruiz García** coordinador del Laboratorio de Innovación y Evaluación en Bioenergía por su apoyo para llevar a buen puerto la estancia académica en la UNAM campus Morelia. En especial al **Ing. Dante Villanueva Peralta** y a la **M.C. Saraí Ramos Vargas** por sus atenciones y por enseñarme a utilizar el equipo de laboratorio para caracterizar las muestras de biomasa forestal.

Agradezco **a mi madre** por darme la vida, por ser mi apoyo en todo momento, por su guía, por su amor incondicional, porque a través de su amor siento el amor de Dios.

A mi hijo Carlos Salvador, por ser el motor que me inspira a seguir luchando por mis sueños desde hace 24 años.

A mis hermanos Carlos Héctor, Alma Delia, Maricruz, Aníbal y Román por estar siempre a mi lado. Sé que siempre cuento con ellos.

A **Norma Patricia** por acompañarme durante los últimos 28 años, no tengo más que darte las gracias.

A mis compañeros de la maestría por su amistad y por los buenos momentos transcurridos en esta travesía.

A mis profesores, les doy mi más sincero reconocimiento a todos aquellos docentes que vieron en mí una chispa de inteligencia y mucho de constancia.

Resumen:

México es uno de los países con un enorme potencial de recursos naturales y minerales. La mayor parte de su territorio está compuesto por poblados rurales, que son importantes fuentes de energía y minerales, y pueden ser utilizados como fuentes alternativas de empleo e ingresos para su población. Las zonas rurales tienen un gran potencial como fuentes de energía renovable. Por ejemplo, la energía solar es una energía alternativa que se puede utilizar y puede abastecer a muchas zonas rurales. Los biocombustibles son otra alternativa con gran potencial, ya sea como fuente de productos agrícolas o derivados de la ganadería (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2007).

De acuerdo con Díaz (2000), un 89% de las viviendas de comunidades rurales de México utilizan leña como combustible para la cocción de alimentos y para calentar agua. La leña se encuentra disponible a nivel local, es accesible, es económica y presenta un gran potencial de renovabilidad. Sin embargo, su uso en fogones abiertos tiene la característica de liberar contaminantes que pueden causar efectos adversos a la salud de las amas de casa.

El objetivo principal de este trabajo será conocer las características físicas, químicas y energéticas de la leña que utilizan los pobladores del ejido La Reforma para realizar una estimación del potencial energético de la biomasa forestal. Para ello se utilizará un proceso metodológico que tiene como primer paso describir las características ambientales, sociales y económicas de la población, se aplicará una encuesta que nos permitirá reconocer sus necesidades energéticas para que finalmente se apliquen pruebas de laboratorio a las especies de leña para tabular sus características químicas y energéticas.

Los resultados que se pretenden obtener son conocer el porcentaje de humedad, el porcentaje de materia volátil, el porcentaje de ceniza y el poder calorífico de la biomasa forestal del ejido para estimar su potencial energético.

Palabras clave: biomasa forestal, necesidades energéticas, potencial energético, Ejido La Reforma.

Abstract:

Mexico is a country with enormous potential for natural and mineral resources. Most of its territory is made up of rural towns, which are in areas that can contribute important sources of energy and minerals. In turn, resources can be used as alternative sources of employment and income for its population. Potential resources that are found in rural areas include renewable energies. For example, solar energy is an alternative energy that can be exploited and can supply many rural areas. Biofuels are another alternative with great potential, either as a source of agricultural products or derived from livestock (Organization for Economic Cooperation and Development, 2007).

According to Díaz (2000), 89% of the homes in rural communities in Mexico use firewood as fuel for cooking food and heating water. Firewood is locally available, accessible, inexpensive, and has great potential for renewability. However, its use on open stoves has the characteristic of releasing contaminants that can cause adverse effects on the health of housewives.

The main objective of this work will be to know the physical, chemical and energetic characteristics of the firewood used by the inhabitants of the La Reforma ejido to estimate the energetic potential of the forest biomass. To do this, a methodological process will be used whose first step is to describe the environmental, social and economic characteristics of the population, a survey will be applied that will allow us to recognize their energy needs so that finally laboratory tests are applied to the firewood species to tabulate its chemical and energetic characteristics.

Keywords: forest biomass, energy needs, energy potential, Ejido La Reforma.

ÍNDICE

Introducción	9
1 <i>Capítulo I Marco teórico-conceptual</i>	15
1.1 El desarrollo sustentable	15
1.2 Fuentes de energía renovable	19
1.2.1 Energía de la biomasa	19
1.2.2 Energía solar	22
1.2.3 Energía hidráulica	24
1.2.4 Energía eólica	28
1.3 Construcción espacio territorial del ejido	30
1.4 Estado del arte o marco de referencia	31
1.4.1 Antecedentes	31
1.4.2 Estudios sobre recursos energéticos de la biomasa	33
2 <i>Capítulo II Caracterización de la zona de estudio y estrategia metodológica</i>	38
2.1 Caracterización del ejido La Reforma	38
2.2 Estrategia metodológica	49
3 <i>Capítulo III Resultados</i>	67
3.1 Interpretación del mapa de uso de suelo	67
3.2 Encuesta de necesidades energéticas	67
3.3 Características de la biomasa forestal	69
3.4 Consumo de leña por habitante	72
3.5 Estimación del potencial energético de biomasa forestal del ejido	73
3.6 Análisis socioambiental en el ejido La Reforma	74
Conclusiones	76
Recomendaciones	78
Referencias bibliográficas	79
Anexo	86
Glosario de términos y lista de unidades	92

Índice de figuras

Descripción	Página
1. Relación de la energía y el desarrollo sustentable	18
2. Ubicación de la localidad La Reforma de Ocampo del municipio de Palenque	38
3. Mapa de uso del suelo y vegetación	39
4. Porcentaje de población total según sexo	40
5. Pirámide poblacional de la Reforma de Ocampo en 2020	41
6. Porcentaje de población por grupos de edad en La Reforma de Ocampo	41
7. Hijos nacidos vivos de mujeres en edad reproductiva en La Reforma	42
8. Características educativas en la Reforma de Ocampo en 2020	43
9. Población derecho habiente a servicios de salud La Reforma de Ocampo	44
10. Condición de credo de los habitantes de La Reforma de Ocampo en 2020	45
11. Población que habla alguna lengua indígena en La Reforma de Ocampo	45
12. Características de las viviendas en La Reforma de Ocampo en 2020	46
13. Características económicas de La Reforma de Ocampo en 2020	47
14. Porcentaje de la jefatura de familia según sexo	47
15. Proceso metodológico	49
16. Estructura de la encuesta de necesidades energéticas	50
17. Plano de identificación de las viviendas encuestadas	51
18. Fotografía del acahual	53
19. Fotografía del árbol de garrochillo	54
20. Distribución espacial del árbol de garrochillo en el municipio de Palenque	54
21. Fotografía del árbol de guácima	55
22. Distribución espacial del árbol de guácima en el municipio de Palenque	55
23. Fotografía del árbol palo de agua	55
24. Fotografía del árbol palo blanco	56
25. Distribución espacial del árbol palo blanco en el municipio de Palenque	56
26. Fotografía del árbol de popistle	56
27. Corte de la madera con sierra y cepillo eléctrico	58
28. Secado de la madera en casa	58
29. Peso de la muestra	58
30. Muestras de las 5 especies	58
31. Medición de un tercio de leña	59
32. Equipos utilizados en el laboratorio	61
33. Equipos utilizados en el laboratorio (continuación)	62
34. Resultado de las pruebas de poder calorífico superior	70
35. Resultado de las pruebas de porcentaje de humedad	70
36. Resultado de las pruebas de porcentaje de ceniza	71
37. Resultado de las pruebas de materia volátil	71
38. Gráfico del consumo de leña por habitante	72

Índice de tablas

Descripción	Página
1. Matriz de sustentabilidad energética	18
2. Tipos de estufas ecológicas	22
3. Respuesta de la entrevista con actores clave del ejido	52
4. Características físicas en terreno de las especies leñosas	57
5. Poder calorífico de maderas utilizadas como combustible	60
6. Hoja de cálculo para determinación de humedad	63
7. Hoja de cálculo para determinación de ceniza	64
8. Hoja de cálculo para determinación de material volátil	65
9. Resultados de la encuesta de necesidades energéticas	67
10. Respuesta de la pregunta prospectiva de las amas de casa	68
11. Características físicas, químicas y energéticas de la biomasa forestal del ejido La Reforma	69
12. Cálculo del potencial energético de la biomasa forestal del ejido La Reforma	73

Lista de acrónimos

Siglas	Descripción
CONABIO	Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CMMAD	Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo
IIES	Instituto de Investigación de Ecotecnologías y Sustentabilidad
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INEL	Instituto Nacional de Energías Limpias
LANIES	Laboratorio de Investigación Ecotecnológica para la Sustentabilidad
LINEB	Laboratorio de Innovación y Evaluación en Bioenergía
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ONU	Organización de las Naciones Unidas
RAN	Registro Agrario Nacional
SEDATU	Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano
SENER	Secretaría de Energía

Introducción

México es uno de los países con un enorme potencial de recursos naturales y minerales. La mayor parte de su territorio está compuesto por poblados rurales, que son importantes fuentes de energía y minerales, y pueden ser utilizados como fuentes alternativas de empleo e ingresos para su población. Las zonas rurales tienen un gran potencial como fuentes de energía renovable. Por ejemplo, la energía solar es una energía alternativa que se puede utilizar y puede abastecer a muchas zonas rurales. Los biocombustibles son otra alternativa con gran potencial, ya sea como fuente de productos agrícolas o derivados de la ganadería (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2007).

Para el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) las localidades rurales son aquellas que tienen una población menor a 2,500 habitantes (INEGI, 2020). La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) considera el criterio “Una comunidad se define como rural si su densidad poblacional es menor a 150 habitantes por km²” (OCDE, 2007).

El país tiene una amplia variedad de generación de energía renovable, estos recursos están ampliamente distribuidos en todo el país. Además, existen algunas restricciones que dificultan el desarrollo, como las características topográficas del país, la falta de infraestructura o el estado de áreas de interés en la ordenación territorial (Morales y otros, 2017).

A finales de 2014, la capacidad instalada nacional de generación de energía renovable alcanzó los 16,240 MW, lo que representa el 25% de la capacidad instalada total. En el mismo año, la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovable alcanzó los 55.03 GWh, equivalente al 18% de la generación eléctrica total (Secretaría de Energía, 2014). En este orden, la energía hidroeléctrica, la energía eólica y la geotérmica son las tres fuentes que más contribuyen, representan el 90% de la generación total de energía (Alemán y otros, 2014).

La ubicación geográfica de México es muy apta para el aprovechamiento de la energía solar, con una radiación diaria superior a los 5 kWh / m², llegan a alcanzar los 8.5 kWh / m²; los estados de Sonora, Chihuahua y Baja California tienen la mayor cantidad de luz solar. La energía solar se puede convertir directamente en electricidad a través de paneles fotovoltaicos (PROMÉXICO, 2014).

Las turbinas eólicas convierten la energía cinética del viento en energía mecánica, que luego impulsa un generador. En 2012, el potencial eólico del país se estimó en 71,000 MW, pero solo se desarrolló un 1.7% (Aleman y otros, 2014). Hay 26 plantas de energía eólica en México. Las áreas más prometedoras se encuentran en el Istmo de Tehuantepec y la parte norte de la península de Baja California. La energía eólica ha sumado un total de 2,036.85 MW de capacidad instalada y 6,086.28 GWh de generación eléctrica (Secretaría de Energía, 2016).

La energía hidráulica es el aprovechamiento de la energía potencial que se genera cuando el agua cae desde una determinada altura o cuando fluye por un río o arroyo, y se convierte en energía cinética mediante la rotación a alta velocidad de una turbina. Este recurso es ampliamente explotado en México, los estados de Sinaloa, Chiapas, Michoacán y Puebla tienen la mayor concentración de grandes centrales eléctricas. Las pequeñas centrales están ubicadas en Veracruz, Michoacán y Jalisco. Existen 79 centrales hidroeléctricas con una capacidad instalada de 12,474.24 MW y una capacidad de generación de 38,820.97 GWh (Secretaría de Energía, 2016).

Los tipos de biomasa o bioenergía que se utilizan en el país son: lodos de depuradora, residuos agrícolas, residuos industriales, residuos sólidos urbanos, bagazo, etc. El 12% de la electricidad producida por biomasa proviene de la producción de biogás. Hasta 2017, la electricidad generada a partir de biomasa solo provenía del sector privado, suman un total de 67 centrales, con una capacidad instalada de 643 MW y una generación de energía de 1,399.33 GWh (Secretaría de Energía, 2016).

México ha realizado importantes avances en la generación de energía geotérmica, se tienen 4 campos geotérmicos en desarrollo: Cerro Prieto en Baja California, Las Tres Vírgenes en Baja California Sur, Los Azufres en Michoacán y Los Hornos en Puebla. Actualmente, el país tiene una capacidad instalada de 823 MW y una producción de 5,999.66 GWh (Secretaría de Energía, 2016). Se estima que el potencial de generación de energía de este recurso es de al menos 5,250 MW (Aleman y otros, 2014).

Según datos del Instituto Nacional de Energía Limpia (INEL), el potencial eólico de Chiapas al cierre de 2016 se estimó en 10 MW, con una generación eléctrica de 61.82 GWh. En cuanto a la generación de energía geotérmica, la capacidad calculada es de 164.5 MW y el potencial de generación de energía es de 1,297.32 GWh (INEL, 2016).

En la categoría de energía hidroeléctrica, la capacidad estimada es de 1,270.53 MW y el potencial de generación de energía es de 10,805.20 GWh. En términos de energía solar, la capacidad calculada es de 71.68 MW y el potencial de generación de energía es de 145.69 GWh (INEL, 2016).

El uso de sistemas energéticos renovables representa una opción para satisfacer las necesidades energéticas de la población que vive en comunidades rurales de Chiapas. Empero se puede asegurar que la implementación de estos sistemas debe estar en función de un diagnóstico socioambiental que tome en cuenta las condiciones económicas, sociales y ambientales de la localidad para cubrir las necesidades de energía de la población que se pretende atender.

El ejido La Reforma está ubicado en la parte norte de Chiapas, en el municipio de Palenque, a la cual se puede llegar por carretera, se ubica a 33 kilómetros al sureste de donde se localiza la ciudad de Palenque.

El costo del servicio de energía eléctrica, en el mes de noviembre de 2020, significo un promedio de \$ 264.00 por familia (CFE, 2020). El servicio de agua potable no tiene un cargo económico a la población pues esta retribuye el costo con labores de reparación, dos o tres por año. El costo del cilindro de gas butano, en el mes de noviembre de 2020, para 30 kg fue de \$ 649.50 y para 20 kg tuvo un costo de \$ 433.00 (CRE, 2020) en contraste un jornalero gana \$ 150.00 pesos diarios para alimentar una familia de 4 miembros en promedio (INEGI, 2020).

La actividad principal de la comunidad es la agricultura, se dedican al cultivo de maíz, frijol, jitomate y chile. Debido a la presencia de lluvias frecuentes, el uso del suelo es de temporal. De la producción de chiles, aproximadamente un 80% se entrega al centro de acopio y un 20% se deshidrata en hornos de leña.

La leña es la biomasa más utilizada en el mundo, el uso de leña para cocinar o calentar es muy común, especialmente en los países subdesarrollados, donde se quema en cocinas abiertas y poco eficientes y las habitaciones están mal ventiladas. Los principales compuestos de la quema de madera son el monóxido de carbono, el dióxido de nitrógeno y las partículas, los cuales son tóxicos para el sistema respiratorio (Junemann y Legarreta, 2007).

Se estima que un 89% de las amas de casa utilizan leña para cocción de sus alimentos, debido a que la leña es económica adicionalmente significa un tema de usos y costumbres

(Díaz, 2000). Se considera que el problema de utilizar leña para cocinar tiene un alto riesgo en la salud de las amas de casa y un impacto ambiental negativo, este ha implicado cambios en el uso del suelo por la deforestación, afectaciones a la flora, la fauna y el equilibrio ecológico del territorio ocupado por la comunidad rural.

En el aspecto de la salud, las amas de casa y las personas que utilizan los hornos para la deshidratación de los chiles, padecen afecciones en las vías respiratorias resultado de la frecuente exposición al humo y sus componentes como el monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno, entre otros (Junemann y Legarreta, 2007).

De acuerdo a los estudios referidos la población de localidades rurales sigue usando para la cocción de alimentos procesos termoquímicos que propician la generación de gases como el monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno, mismos que al ser inhalados por las personas, les provoca un problema de salud que a la postre puede causar la enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Debido a la creciente conciencia sobre el estado de degradación ambiental en todo el mundo, se ha promovido el proceso de cambio del pensamiento global y la forma de interacción entre la sociedad y la naturaleza, ahora basado en el conocimiento y el análisis interdisciplinario de complejos problemas socioambientales. Desde entonces, varios tratados internacionales han promovido el establecimiento del concepto de desarrollo sostenible (Perevochtchikova, 2013).

La Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1987), define el impacto ambiental como el impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente y los procesos naturales en un espacio y tiempo específicos. De esta manera, se puede decir que los impactos ambientales son los efectos adversos de las actividades humanas en el ecosistema, el clima y la sociedad, como la sobreexplotación de los recursos naturales, la eliminación ineficaz de desechos y las emisiones y cambios contaminantes, cambios en el uso del suelo, entre otros.

Se considera importante realizar la presente investigación en el ejido La Reforma, para aplicar un proceso metodológico que reemplace los procedimientos de trabajo manuales por equipos que permitan aprovechar eficientemente el recurso energético de la biomasa forestal contribuyendo a mejorar la salud de las amas de casa y se propicie sustentabilidad ambiental. Para ello se iniciará con las siguientes preguntas de investigación:

1.- ¿Qué requerimientos energéticos tienen los pobladores y qué cantidad de insumos energéticos utilizan para satisfacer sus necesidades básicas?

2.- La leña que utilizan los pobladores es suficiente para satisfacer la demanda de energía para cubrir sus necesidades energéticas?

Adicionalmente se puede contrastar la siguiente hipótesis:

Si el uso de leña para la cocción de alimentos trae consigo enfermedades en las vías respiratorias de las amas de casa y provoca deforestación en los bosques aledaños al ejido, entonces se puede utilizar biomasa forestal que tenga un excelente poder calorífico y presente un mínimo porcentaje de ceniza aunado a una cultura de reforestación por parte de los pobladores.

Este trabajo de investigación tiene como objetivo general “*Evaluar el recurso energético de la biomasa forestal para generar propuestas de sistemas energéticos renovables con base al recurso disponible y a las necesidades de la población*” para cumplir con lo anterior nos propusimos realizar los siguientes objetivos particulares: a) *Conocer los requerimientos energéticos, así como las características sociales, económicas y ambientales del ejido*, b) *Identificar las especies de árboles abundantes en el ejido, preferidos para uso como combustible, que cubren las necesidades energéticas de la población* y c) *Caracterizar el recurso de la biomasa forestal para determinar el potencial energético disponible en el ejido*.

El capítulo I inicia con el marco teórico conceptual de la tesis, comprende los conceptos del desarrollo sustentable, las fuentes de energía renovable que tienen presencia en el ejido se define la construcción del espacio territorial de este, se abordan los trabajos de investigación que se utilizarán como antecedentes y finalmente se tratan los estudios realizados sobre el recurso energético de la biomasa. Se pretende que la revisión conceptual sienta las bases del presente trabajo y nos permita analizar al ejido como un espacio territorial, las energías renovables presentes, así como las características sociales y económicas de la población y través de la teoría del desarrollo sustentable se aplique la sustentabilidad energética a nivel de comunidad rural.

El capítulo II trata sobre la caracterización de la zona de estudio y las etapas que conforman el proceso metodológico. Se necesitan conocer las características de la zona de estudio: aspectos sociales como el demográfico, las cualidades económicas de la población y las condiciones ambientales del territorio. Con el conocimiento de las características sociales,

económicas y ambientales del ejido se desarrollará el proceso metodológico que nos permitirá conocer las características físicas, químicas y energéticas de la biomasa forestal.

El capítulo III presenta los resultados de la encuesta y los resultados de las pruebas de laboratorio, se realizará el análisis de la información recopilada, se tomarán en cuenta criterios sociales, económicos y ambientales para determinar que la principal necesidad energética de los pobladores es el uso de leña para la cocción de alimentos. Con relación al análisis del potencial energético de la biomasa forestal existente en la comunidad se tomarán en cuenta los resultados del cálculo del potencial energético de la biomasa, así como la energía consumida por los pobladores del ejido.

Capítulo I. Marco teórico conceptual

En este capítulo se describe el concepto de desarrollo sustentable, los tipos de energía renovable que tienen presencia en el ejido La Reforma del municipio de Palenque, Chiapas; se cuenta con biomasa forestal, energía solar, energía eólica y se tiene una cascada que presenta una caída de agua de aproximadamente 30 metros. Se describen en forma teórica los métodos directo e indirecto que pueden utilizarse para el cálculo de los potenciales energéticos de cada una de las energías renovables presentes en el ejido.

También se describe la construcción espacio territorial del ejido, la creación de este núcleo ejidal producto de la Reforma Agraria de 1915 así como el proceso de certificación y titulación de la propiedad social, la reforma agraria de 1992, que proporcionó certeza jurídica a los ejidatarios.

1.1 El desarrollo sustentable

La energía es el motor para el desarrollo económico de la sociedad. La creciente demanda poblacional aunado al modelo económico capitalista ha propiciado que las actividades relacionadas con la generación de energía presenten impactos ambientales negativos (García, 2021).

Debido al cambio climático global originado por las actividades antropogénicas y la quema de combustibles fósiles se ha presentado un incremento en la temperatura de la atmósfera y de los océanos, lo que trae consigo el derretimiento del hielo polar y un incremento en el nivel de los mares.

Organismos Internacionales como la Organización de las Naciones Unidas han propuesto que el modelo del desarrollo económico tiene que procurar la equidad social y proteger el medio ambiente. Es así como surge en 1987 la teoría de la sustentabilidad que propone un desarrollo universal sustentable. El desarrollo sustentable fue definido en el seno de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo, específicamente fue propuesto por Gro Harlem Brundtland en 1987 en el informe “Nuestro futuro común”. Y se define como “El desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (CMMAD, 1987, p. 24).

En la cumbre de Río de Janeiro de 1992 también se adoptó un plan de acción global, la Agenda 21, la cual comprende una estrategia donde los países adquieren el compromiso

de encaminar su desarrollo con iniciativas que construyen un modelo de desarrollo sustentable, además dentro de sus objetivos se encuentra la elaboración de indicadores de desarrollo sostenible, así como la promoción de su uso a nivel mundial (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2007).

Los esfuerzos mundiales continuaron en la Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas celebrada en el año 2000, en ella se declara que el reto central es forjar la globalización como una fuerza positiva para que todos realicen un llamado a las políticas y medidas globales correspondientes a los requerimientos de los países menos desarrollados y de las economías en evolución. Además, los líderes mundiales comprometieron a sus naciones a una nueva asociación mundial para reducir la pobreza extrema y establecieron metas para el 2015, mejor conocidos como los Objetivos del Desarrollo del Milenio (ODM) en listados a continuación:

1. Erradicar la pobreza extrema y el hambre.
2. Lograr la enseñanza primaria universal.
3. Promover la igualdad entre los géneros y el empoderamiento de la mujer.
4. Reducir la mortalidad de los niños menores de 5 años.
5. Mejorar la salud materna.
6. Combatir el VIH/SIDA, la malaria y otras enfermedades.
7. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.
8. Fomentar una alianza mundial para el desarrollo.

En seguimiento a los resultados de la Cumbre del Milenio, fue aprobada por la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible en octubre de 2015. La Agenda 2030 es un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad. Declara 17 objetivos de Desarrollo Sostenible y 169 metas voluntarias, con lo que se pretenden retomar los ODM. Los objetivos y metas de la Agenda 2030 fusionan las tres dimensiones del desarrollo sustentable: ambiental, social y económica, tales que guiarán las decisiones durante los próximos 15 años y entro en vigor desde el 1 de enero de 2016 (ONU, 2015).

Los 17 Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS) son:

1. Poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo.
2. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.

3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades.
4. Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.
5. Garantizar la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y niños.
6. Lograr la igualdad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.
7. Garantizar el acceso a la energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.
8. Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
9. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva, sostenible y fomentar la innovación.
10. Reducir la desigualdad en los países y entre ellos.
11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
14. Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de la biodiversidad.
16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y construir a todos los niveles instituciones eficaces e inclusivas que rindan cuentas.
17. Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

Las dimensiones que integran el desarrollo sustentable son tres: la económica, la social y la ambiental. La dimensión económica toma en cuenta el capital natural que compone todos los recursos naturales y los servicios ambientales del planeta, como los suelos y las funciones atmosféricas. La conservación del capital natural es esencial para la producción económica sostenible y la equidad entre generaciones. Los mecanismos del mercado no necesariamente son efectivos para conservar el capital natural, por el contrario, podrían contribuir a reducirlo y degradarlo. Así mismo la dimensión económica debe tomar en cuenta que el crecimiento económico es un medio y no un fin para alcanzar sociedades

libres, igualitarias, respetuosas de la vida y capaz de fomentar la generación de empleos dignos y de calidad (García, 2016).

La equidad y la salud componen la dimensión social del desarrollo sustentable. La equidad social abarca la igualdad y la universalidad con que los recursos energéticos son distribuidos, mientras que garantizan la asequibilidad se requiere al acceso a los sistemas de energía aunado a que se establezcan regímenes para que los precios sean factibles, de manera que se encuentre al alcance de todos. La dimensión ambiental procura reducir el impacto ambiental hace más eficientes los sistemas lo que permite ahorros energéticos y el desarrollo de ofertas de energías renovables y de otras fuentes bajas en carbono (Harris, 2003, Insah y Subhes, 2015).

El desarrollo sustentable es una empresa multidimensional para lograr una mejor calidad de vida para todas las poblaciones. El desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente son componentes interdependientes que se refuerzan mutuamente del desarrollo sustentable (Ayala, 2018).

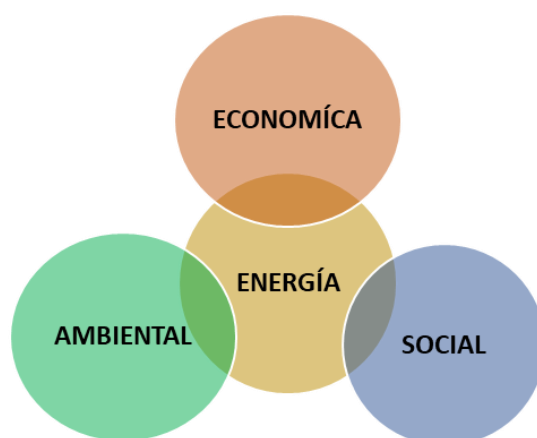


Figura 1. Relación de la energía y el desarrollo sustentable
Nota: Elaboración propia.

Ambiental	Social	Económico
1.- Mantener la integridad de los ecosistemas y la diversidad biológica (Harris, 2003).	1.- Atender las necesidades básicas en salud y en educación (Harris, 2003).	1.- Conservación de los recursos naturales y servicios ambientales del planeta (Harris, 2003).
2.- Reducir el impacto desfavorable debido al uso de la energía (Insah y Subhes, 2015).	2.- Promover la equidad social (Insah y Subhes, 2015)	2.- Suministro de energía sea: Rentable y Asequible (Insah y Subhes, 2015)

Tabla 1.- Matriz de sustentabilidad energética
Nota: Elaboración propia.

En el diagrama y la tabla mostradas (ver figura 1 y tabla 1), se puede observar la relación tan estrecha que tiene la energía con las dimensiones del desarrollo sustentable. La dimensión ambiental tiene el principal objetivo de reducir el impacto desfavorable que tiene el uso de la energía sobre el medio ambiente. Los daños al medio ambiente son tales que contribuyen considerablemente en el cambio climático existente. Las empresas dedicadas a la generación de energía buscan principalmente que el suministro de energía sea rentable y asequible y toma en cuenta la efectividad de los costos para asegurar que la inversión sea económicamente viable. Sin embargo, la asequibilidad no solo asegura la disponibilidad de la energía, sino que también sea accesible a la sociedad. Por último, la dimensión social busca que el acceso a la energía tenga una repercusión directa sobre la calidad de vida de las personas, la educación, las oportunidades de empleo, la transición demográfica, etc. En muchos lugares un interruptor permite el uso de iluminación, la preparación de alimentos y la calefacción mientras que en otros casos se requieren varias horas para la recolección de leña destinada para la cocción de alimentos y calefacción (Ayala, 2018).

1.2. Fuentes de energía renovable

Los sistemas energéticos renovables son aquellas fuentes de energía basadas en la utilización de recursos naturales como son: el sol, el viento, el agua o la biomasa vegetal o animal. Se caracterizan por no utilizar combustibles fósiles sino recursos naturales capaces de renovarse ilimitadamente.

1.2.1 Energía de la biomasa

De acuerdo con Carta y otros, (2009). La energía de biomasa es la energía solar almacenada en los seres vivos, vegetales o animales por medio del proceso de fotosíntesis y la digestión de estos vegetales por los animales. Por tanto, es un pequeño porcentaje de la energía solar que llega a la tierra. En la práctica pueden suponerse tres fuentes de energía de la biomasa: de origen vegetal (biomasa natural, cultivos energéticos), de origen animal (excrementos y purines) y de origen humano (excrementos y purines).

Prehn y Cumana, (2010). Definen la bioenergía como la energía obtenida de la biomasa. En cuanto a la biomasa, es toda materia viva derivada de seres vivos e incluye una gama muy amplia de materiales como madera, frutas, cereales, jugos y fibras. Estos materiales pueden ser obtenidos de cultivos de desechos sólidos o líquidos, entre otras fuentes. De

ellos, la energía útil se puede extraer directamente o posteriormente en carbón, biogás, bioetanol o biodiesel.

Las tecnologías bioenergéticas se desarrollan actualmente a una velocidad sin precedentes, debido a las políticas mundiales para mitigar el cambio climático, los precios crecientes del petróleo y la inseguridad del abasto de energéticos fósiles. Existen diversas vías para la combustión directa, gasificación, fermentación y digestión anaeróbica que permiten utilizar la biomasa como una fuente de energía sustentable (Prehn y Cumana, 2010).

Cerca de 2 mil millones de personas en el mundo dependen de la biomasa para cocinar o para calefacción. En México el consumo de leña representa el 10% de la energía primaria y aporta el 46% de la energía demandada por el sector residencial (Masera, 1993). Un 89% de la población rural usa la leña como principal combustible para la cocción de sus alimentos y en las zonas urbanas los usuarios de leña constituyen el 11% de la población (Díaz, 2000).

El consumo promedio de leña es de 2.1 Kg/día/habitante o de 4.6 toneladas/familia/año, suma unos 30 millones de m³/año en total. Los niveles de contaminación intramuros en los hogares que utilizan leña para cocinar son muy altos (700 mg/m³); más de tres veces el promedio reportado en grandes ciudades. Los principales afectados por esta contaminación son mujeres y niños. Si bien el gas LP ha sido adoptado por muchas familias rurales, no sustituye a la leña, sino que la complementa. El uso de leña se concentra principalmente en los hogares rurales y en pequeñas industrias.

El desarrollo tecnológico y la adopción de estufas eficientes de leña es un proceso complejo que comprende aspectos sociales, culturales, económicos y tecnológicos. Entre los beneficios que una estufa brinda con respecto a fogones tradicionales se encuentran los siguientes: ahorro de leña, menor contaminación de interiores provocado por el humo de la quema de leña, mejora las condiciones de salud de los habitantes, disminuye la presión sobre los bosques locales. Bien diseñadas y bajo un enfoque integral de seguimiento, evaluación y monitoreo, las estufas eficientes de leña han demostrado ser una buena alternativa para promover el uso sustentable de la leña (Prehn y Cumana, 2010).

La tecnología empleada para el aprovechamiento de la leña puede clasificarse en estufas tradicionales y estufas ecológicas. Las estufas tradicionales se continúan utilizando en diversas zonas del planeta, principalmente en los países en desarrollo, son muy deficientes en cuanto al aprovechamiento energético de la biomasa por lo consiguiente presentan un excesivo consumo de leña (Berrueta, 2007).

Las estufas tradicionales comúnmente utilizadas son el fogón de tres piedras y estufas herradura. El fogón de tres piedras es el fogón abierto compuesto por tres piedras de diferentes formas y tamaños que en conjunto forman una circunferencia a nivel de suelo o sobre una plataforma de piedra. Su existencia actual representa un proceso de autonomía de las poblaciones indígenas, campesinas y pobres respecto a las redes hegemónicas de energéticos convencionales (Quiroz y Cantú, 2012).

Las estufas herradura son hechas típicamente de lodo o barro y son construidas por los usuarios en forma de **U** o herradura y aunque de cierta manera encierran el fuego en la cámara de combustión, no poseen chimenea por lo que el humo y las partículas generadas en la combustión se esparcen en la cocina (Berrueta, 2007).

Una alternativa que contribuye a evitar la sobreexplotación de los recursos naturales y la situación de la población es el uso de estufas ecológicas de leña, consideradas como una opción ecológica y saludable que reduce hasta 50% de consumo de leña. Adicionalmente es una tecnología rural muy eficiente, de fácil adaptabilidad y costo relativamente bajo para su construcción, quien decide adoptarla obtiene resultados rápidos en aspectos de salud, higiene, ahorro de tiempo y dinero.

Una estufa ecológica es un dispositivo eficiente, estético y menos contaminante que las tecnologías tradicionales. Este tipo de estufas es el resultado de muchos intentos para mejorar la combustión de la leña, producir menor cantidad de humo y gastar menos combustible. El uso de las estufas ecológicas beneficia a aquella población con un nivel de ingresos medio y bajo. Una estufa mejorada permite a los usuarios obtener los siguientes beneficios: ahorro de combustible, reducción de impactos ambientales, reducción de impactos en la salud humana, contar con materiales y recursos asequibles, así como mejora en la calidad de vida en los hogares al cocinar de forma más conveniente (Berrueta, 2007). En la tabla 2 pueden verse los tipos que existen.

Tipos de estufas ecológicas

Tecnologías	Especificaciones
Modelos anteriores a 1976	Tres piedras como prototipo popular y metálicas importadas. No se considera la aplicación de algún material para su armado
Tecnología de barro y arena, "Lorena"	El barro crudo mezclado con arena reproduce algún tipo de mezcla (lodo) que se utiliza para la fabricación de ladrillos
Tecnología de concreto liviano	La característica principal es el uso de cemento como material aglutinante en la fabricación. Para su construcción se utiliza una armadura de hierro
Tecnología de componentes prefabricados de barro	La estufa se complementa en la construcción con barro y arena para dar cuerpo y forma
Tecnología de una hornilla de barro	El sistema permitió fabricar unidades pequeñas que respondieron mejor a los problemas de construcción en grandes masas
Tecnología de placa metálica entera combinada con barro	Utiliza placa metálica corriente sin agujeros montada sobre ladrillos, bloques de construcción de cemento o una pared de barro crudo
Tecnología de componentes metálicos y cerámicos	Plancha fundida montada sobre ladrillos de barro crudo
Tecnología de plancha armada con barro	Plancha armada de hierro al carbono montada sobre ladrillos de barro crudo

Tabla 2.- Tipos de estufas ecológicas
Nota: Martínez, 2016

1.2.2 Energía solar

Es la energía radiante procedente del sol y que llega a la superficie de la Tierra. Las formas de aprovechamiento pueden englobarse en dos conjuntos: térmicos y fotovoltaicos. Los primeros transforman la energía solar en energía térmica (calientan aire, agua u otras sustancias). Los segundos transforman la energía solar en energía eléctrica aprovechan el efecto fotovoltaico (Carta y otros, 2009).

Los instrumentos para medir la radiación solar son de gran valor, ya que las medidas de la radiación son importantes para:

- Estudiar las transformaciones de la energía en el sistema tierra-atmósfera.
- Analizar las propiedades y distribución de la atmósfera, los elementos que la conforman tales como los aerosoles, el vapor de agua, el ozono entre otros.
- Estudiar la distribución y las variaciones de la radiación incidente, reflejada y total.
- Satisfacer las necesidades derivadas de las actividades de la biología, la medicina, la agricultura, la arquitectura, la ingeniería y de la industria relacionada con la radiación.

1.2.2.1. Medida de la radiación directa

La radiación directa es aquella que proviene directamente del sol y se mide por medio de pirheliómetros. Solo se mide la radiación del sol y una región anular del cielo muy cerca de la estrella. En los instrumentos modernos, este último se extiende 2.5° desde el centro del sol.

Generalmente, el sensor está equipado con un visor en el que un pequeño punto luminoso coincide con una marca ubicada en este último cuando la superficie receptora es perpendicular al haz solar directo. Por lo tanto, es necesario que todos los pirheliómetros se asienten en un mecanismo que permita un monitoreo del sol.

1.2.2.2. Medida de la radiación global y difusa

La radiación difusa es aquella recibida de la atmósfera como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación del sol en la misma. Esta energía puede suponer aproximadamente un 15% de la radiación global en los días soleados, pero en los días nublados, en los cuales la radiación directa es muy baja, la radiación difusa supone un porcentaje mucho mayor. Por otra parte, las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la semiesfera celeste, mientras que las superficies verticales reciben menos porque solo ven la mitad de la semiesfera celeste.

La suma de la radiación difusa y la radiación directa se conoce como radiación global. El instrumento para medir la radiación global es el piranómetro. A veces se utiliza para medir la radiación incidente de superficies inclinadas y se invierte para medir el global reflejado.

1.2.2.3. Medida de la radiación infrarroja

El instrumento utilizado para medir la radiación de onda larga son los pirgeómetros. La mayoría de ellos eliminan las longitudes de onda cortas de los filtros que exhiben una transparencia constante en longitudes de onda largas mientras que son casi opacos en longitudes de onda más cortas, 300-3000 nm.

Para el cálculo de la radiación se utilizan entre otros la ecuación del tiempo que se define como la diferencia entre la hora solar media y la hora solar verdadera.

$$E = 229.2 (7.5 \times 10^{-5} + 1.8 \times 10^{-3} \cos B - 3.2 \times 10^{-2} \operatorname{sen} B - 1.4 \times 10^{-2} \cos 2B - 4 \times 10^{-2} \operatorname{sen} 2B) \quad (1.1)$$

Donde:

$$B = (n-1) \frac{360}{365}$$

E = Ecuación del tiempo (min); B = Longitud geocéntrica; n = Día juliano

Para convertir la hora solar a la hora civil, se utiliza la siguiente ecuación:

$$T_s - T_c = 4(L_{st} - L_{loc}) + E \quad (1.2)$$

Donde:

T_s = Tiempo solar
T_c = Tiempo civil

L_{loc} = Longitud del lugar
E = Ecuación del tiempo

L_{st} = Meridiano estándar que
sirve como base para el
tiempo local

1.2.3 Energía hidráulica

La energía hidráulica es la inmersa en una masa de agua elevada respecto de un nivel de referencia. La energía hidráulica se obtiene a partir de cualquier masa de agua en movimiento. Tal puede ser el caso de la corriente de un río, como la corriente que discurre por un tubo originada por una diferencia de altura entre dos puntos. En ambos casos la energía potencial del agua se transforma en energía cinética y esta es aprovechable (Carta y otros, 2009).

Para Serway y Vuille, (2012). La energía hidráulica es la que se obtiene del uso de las energías potencial y cinética del agua, la cascada o las mareas. La energía hidráulica se basa en aprovechar la caída de agua desde cierta altura. La energía potencial, durante la caída, se vuelve cinética. El agua pasa a través de las turbinas a alta velocidad ello provoca un giro mismo que se transforma en energía eléctrica a través de los generadores.

El régimen de caudales es un dato básico, indispensable para todos los diseños hidráulicos y para obras civiles en las que son importantes como carreteras, puentes, acueductos, represas hidroeléctricas, entre otros. Así, el establecimiento de numerosas estaciones que permiten observar, a lo largo de una serie de los años más largos, los caudales drenados en puntos característicos del río y, si es necesario, el de sus varios afluentes, es un preámbulo a cualquier estudio hidráulico de una cuenca. Sin embargo, en países como México las estaciones de aforo de caudales son inexistentes en muchos sitios, lo que obliga a recurrir a métodos aproximados para la estimación de los caudales. Empero jamás debe olvidarse que ningún método por bueno que sea reemplaza la medida directa de la variable. (Aparicio, 1992).

Los métodos para medir caudales pueden clasificarse en dos grandes categorías: métodos directos y métodos indirectos

1.2.3.1. Métodos directos

De acuerdo con Aparicio (1992), los métodos directos se suelen dividir en: métodos de área-velocidad y método de dilución con trazadores. El método de área-velocidad consiste esencialmente en medir, en una sección de la corriente previamente determinada, las velocidades de flujo con las que luego se puede obtener el caudal. El método de dilución con trazadores se utiliza en corrientes que presenten dificultades para la aplicación del método área-velocidad, como en corrientes en ríos caudalosos o en ríos torrenciales. Es importante tener en cuenta que para utilizar este método partimos del criterio, que el flujo de agua debe ser permanente.

a) Métodos área-velocidad

El lugar elegido para hacer el aforo o medición debe cumplir los siguientes requisitos: a) La sección transversal debe estar bien definida y en la medida de lo posible no se presente degradación del lecho, b) Debe tener fácil acceso, c) Debe estar en un sitio plano para evitar las sobreelevaciones y cambios en la profundidad producida por curvas, d) El sitio debe

estar libre de efectos de controles aguas abajo, que pueden producir remansos que afecten luego los valores obtenidos con la curva de calibración.

b) Dilución con trazadores

Para aplicar esta técnica se sugiere que los trazadores deben cumplir con las siguientes propiedades: a) No ser absorbidos por los sedimentos o vegetación, ni reaccionar químicamente, no deben ser tóxicos, b) Se deben detectar fácilmente en pequeñas concentraciones y c) Conviene que tengan un precio bajo.

Los trazadores son de tres tipos:

- 1) Químicos: de esta clase son la sal común y el dicromato de sodio.
- 2) Fluorescentes: como la rodamina.
- 3) Materiales radioactivos: los más usados son el yodo 132 y el bromo 82.

Los métodos que se utilizan para dilución de trazadores son:

- a) Método de integración. Se inyecta rápidamente un volumen de trazador (líquido colorante).
- b) Inyección a caudal constante. Se inyecta el trazador en una sección dada a un caudal constante con una concentración de trazador. Si se realiza un balance de masa de trazador entre dos puntos, seleccionados previamente; es posible calcular el caudal.

1.2.3.2. Métodos indirectos

Los métodos indirectos más usados son los métodos envolventes y el método de la fórmula racional. Los métodos envolventes solo toman en cuenta el área de la cuenca. No analizan la relación entre la precipitación y la escorrentía, por lo que son muy útiles en los casos donde solo se dispone de estimaciones aproximadas del gasto máximo probable o hay poca o ninguna información disponible. El modelo de la fórmula racional toma en cuenta, además del área de la cuenca, la altura o intensidad de la precipitación; hoy en día es uno de los métodos más utilizados en el mundo (Aparicio, 1992).

a) Métodos envolventes

El objetivo fundamental de estos métodos es relacionar el gasto máximo **Q** con el área de la cuenca **Ac**:

$$Q = \alpha Ac^\beta \quad (1.3)$$

Donde:

Q = Gasto máximo.

α, β = son parámetros empíricos que están en función de Ac.

Se plantea que β es del orden de $\frac{3}{4}$ para cuencas menores de 1500 Km² y de $\frac{1}{2}$ para cuencas mayores.

Existe un gran número de ecuaciones de este tipo, sin embargo, las más utilizadas en México son las ecuaciones de Creager y Lowry, presentadas a continuación.

Ecuación de Creager: $Q = 1.303 C_c (0.386 Ac)^\alpha Ac^{-1} \quad (1.4)$

Donde:

$$\alpha = \frac{0.936}{Ac^{0.048}}$$

C_c = Coeficiente empírico, se determina por regiones Ac = Área de la cuenca en Km² de análisis

Ecuación de Lowry: $Q = \frac{C_L}{(Ac+259)^{0.85}} \quad (1.5)$

Dónde: C_L = Coeficiente empírico, se determina por regiones.

b) Fórmula racional

Se dice que en una cuenca permeable, solo una parte de la lluvia con intensidad **i** se escurre directamente hasta la salida, si se acepta que durante la lluvia, o al menos una vez que sea establecido el gasto de equilibrio, no cambia la capacidad de filtración en la cuenca, por lo que la fórmula racional se puede escribir:

$$Q_p = C * i * Ac \quad (1.6)$$

Donde:

C = Coeficiente de escurrimiento que representa la fracción de la lluvia que escurre de forma directa i = Intensidad de la lluvia en mm/h

Q_p = Gasto máximo posible que puede producirse con una lluvia de intensidad i Ac = Área de la cuenca

La teoría descrita anteriormente tiene como objetivo determinar el potencial de la energía hidráulica, que es una función de la diferencia entre el nivel promedio de un embalse o de un río aguas arriba del hidrogenerador y el nivel promedio aguas abajo, el caudal máximo que puede mover las turbinas, aunado a las características de las turbinas y los generadores.

Blanco, (2012). Menciona que en términos eléctricos "lo más importante es relacionar el potencial hidráulico con la potencia eléctrica que se va a obtener del recurso hídrico"; se calcula con la siguiente ecuación:

$$P = \rho * g * Q * h \quad (1.7)$$

Donde:

ρ = densidad del agua (1000 Kg/m³).

g = aceleración de la gravedad (9.8 m/s²).

h = altura entre la parte alta y la parte baja de la cascada del río, también conocida como salto bruto (m).

1.2.4 Energía eólica

Es la energía cinética de una masa de aire en movimiento. Su origen se encuentra en la existencia en la tierra de masas de aire a diferentes temperaturas, originadas por diferentes intensidades de radiación solar a nivel global o local, las cuales producen corrientes ascendentes y descendentes forman anillos de circulación del aire. La energía eólica es por consiguiente un pequeño porcentaje de la energía solar incidente sobre el planeta. El aprovechamiento de esta fuente energética es su conversión directa en energía mecánica a través del giro de la turbina eólica con una cierta potencia (Carta y otros, 2009).

1.2.4.1. Estimación del potencial eólico

Se puede obtener la velocidad del viento con el anemómetro de las estaciones meteorológicas ubicadas en Palenque del Servicio Meteorológico Nacional. Para estudiar la variación vertical del viento con la altura, se puede utilizar el modelo matemático denominado "ley de potencial" (Ojeda, Candelo y Silva, 2017). Este modelo es uno de los más utilizados en viento, estimación de energía y la expresión matemática se muestra en ecuaciones (1.8) y (1.9):

$$v_2 = v_1 * \left(\frac{z_2}{z_1}\right)^\alpha \quad (1.8)$$

Se despeja alfa de la ecuación anterior:

$$\alpha = \frac{\ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right)}{\ln\left(\frac{z_2}{z_1}\right)} \quad (1.9)$$

Donde v_2 es la velocidad del viento en el nivel 2, v_1 es la velocidad del viento en el nivel 1, Z_2 es la altura sobre el nivel del suelo del nivel 2, Z_1 es la del nivel 1, alfa es denominado factor de cortadura o exponente de la ley de potencial. En este sentido se disponen de medidas a dos alturas (Z_1 y Z_2), se puede calcular alfa, si solo se ponen datos en un nivel, hay que hacer una hipótesis sobre el valor de alfa. Esta expresión permite realizar la extrapolación del viento a diferentes alturas (Ojeda, Candelo y Silva, 2017).

1.3 Construcción espacio territorial del ejido

El ejido se crea como proyecto e instrumento de repartición de las tierras a raíz de la Revolución Mexicana y de la reforma agraria de 1915, la idea inicial fue restablecer los modos de tenencia y de organización comunitaria, antiguamente instaurados y que presumiblemente funcionaron correctamente como forma de organización de los pueblos originarios de México (Kouri, 2015). A pesar de los conflictos y las irregularidades presentes en la repartición de la tierra a través de la reforma agraria, la creación de los ejidos no solo permitió la redistribución de la tierra, sino que también generó una organización local capaz de representar los intereses de los campesinos con capacidad para negociar frente a otras organizaciones públicas o privadas (Zendejas, 1995).

La reforma agraria de 1992, cambio la concepción del ejido y los derechos agrarios individuales, en esta década la regulación de la propiedad rural fue una prioridad. La certificación y titulación de la propiedad proporcionó certeza jurídica, aumento su valor y atrajo la inversión privada. Como resultado la nueva cultura agraria se abrió a la globalización y de esta forma se interrelacionó con el mundo (García, 2016).

En este sentido, el artículo 11 de la Ley Agraria estipula a las instancias correspondientes del ejido para el aprovechamiento de sus recursos: "la explotación colectiva de las tierras ejidales puede ser adoptada por un ejido cuando su asamblea así lo resuelva, se establezcan las formas de organizar el trabajo, el aprovechamiento de los recursos del ejido, así como los mecanismos para el reparto equitativo de los beneficios".

En el Diario Oficial de la Federación de fecha 18 de septiembre de 1970, la Secretaría de la Reforma Agraria dotó de 2,000 hectáreas de terrenos al ejido, se beneficiaron 75 ejidatarios. El 21 de septiembre de 1998, el Registro Agrario Nacional (RAN) inscribió 1,588.10 hectáreas de terrenos correspondiente al área parcelada y 45.03 hectáreas que pertenecen al área del asentamiento humano, se vieron beneficiados: 74 ejidatarios, 65 avecindados y 16 posesionarios.

De acuerdo con el RAN la superficie certificada para el municipio de Palenque es de 157,919.63 hectáreas, mientras que para el ejido La Reforma corresponden 1,588.10 hectáreas. Lo que significa que la superficie certificada del ejido representa el 1 % con respecto de la superficie del municipio.

1.4 Estado del arte o marco de referencia

En esta sección se mencionan algunos trabajos científicos que tienen relación con el tema de necesidades energéticas de la población de comunidades rurales, así como investigaciones relacionados con el tema de caracterización de la biomasa. Se revisan los trabajos de estudios de potenciales de energía de la biomasa en comunidades rurales en el mundo, en México y en el estado de Chiapas.

1.4.1 Antecedentes

A continuación, se describen las investigaciones realizadas en los últimos años:

Díez H., E. y Pérez, Juan F. (2017) en su trabajo titulado “Caracterización fisicoquímica de leña representativa de especies utilizadas para cocinar en algunas regiones de Colombia” estudiaron las condiciones socioeconómicas de leña utilizada para cocinar en tres regiones de Colombia. Las especies recolectadas fueron *Cordia alliodora*, *Guazuma ulmifolia*, *Eucaliptus grandis* y *Pinus patula*. Los patrones de biomasa utilizados y las condiciones socioeconómicas de las regiones seleccionadas se definieron mediante información secundaria. Ellos caracterizaron fisicoquímicamente a la leña y compararon las especies con combustibles fósiles en cuanto a emisiones de CO₂, densidad energética y costos. Concluyeron que las regiones estudiadas requieren soluciones para utilizar leña en sistemas ecoeficientes ya que en estas regiones rurales las personas utilizan la biomasa como fuente de energía.

Langbein, Jörg (2017) en su artículo denominado “Leña, humo y enfermedades respiratorias en los países en desarrollo: el papel desatendido de la cocina al aire libre” analizó el papel de la cocina al aire libre y la prevalencia de enfermedades respiratorias en niños menores de cinco años mediante regresiones probit utilizando información de 41 encuestas realizadas en 30 países en desarrollo en Asia, África y América Latina. Jörg Langbein encontró que cocinar al aire libre reduce las enfermedades respiratorias entre los niños pequeños de 0 a 4 años alrededor de un 9%, un efecto que alcanza el 13% entre los niños de 0 a 1 año. Los resultados sugieren que las intervenciones conductuales simples como promover la cocina al aire libre puede tener un impacto sustancial en los riesgos para la salud.

Flores S, Pedro H. (2017) en su trabajo de tesis “Evaluación del potencial energético de la biomasa como fuente de energía del ejido Adolfo Ruiz Cortines, Pueblo Nuevo, Durango” recolectó muestras de biomasa residual después de que se realizaron actividades de poda y aclareos. Las muestras se trasladaron al laboratorio para determinar el potencial calorífico con el fin de incentivar la búsqueda de técnicas alternativas para un mejor aprovechamiento de los residuos y aumentar los rendimientos del proceso.

Arias Chalico (2018) en su trabajo de investigación analiza la situación actual y escenarios para el desarrollo de biocombustibles sólidos en México hacia 2024 y 2030. Concluye que los recursos de biomasa ya existentes son suficientes para producir sosteniblemente toda la demanda de los sectores y usos previstos, por lo cual no es necesario invertir en crear nuevas fuentes de biomasa, aunque sostiene que si es necesario asegurar el manejo sostenible de los recursos forestales y el uso eficiente de los residuos agrícolas y agroindustriales.

Samayoa F., J. C. (2018) en su trabajo de investigación “Estudio del consumo de leña a nivel del hogar en las comunidades de El ciprés, caseríos El limón y el Edén del municipio de San Raymundo, Guatemala” evaluó la disponibilidad de leña, realizó mediciones forestales en los bosques aledaños de la comunidad, así como el volumen de leña consumida por la comunidad a través de encuestas.

Avcioglu, A.O. y otros (2019) en su trabajo titulado “Evaluación de la energía potencial de los residuos de biomasa agrícola en Turquía” con base en estudios realizados en 16 países, definieron un modelo para el cálculo del potencial energético de los residuos de biomasa agrícola en Turquía.

Abudakar, H.D. (2019) en su trabajo titulado “Evaluación de los factores que influyen en el consumo de leña en el estado de Bauchi, Nigeria” analizó los factores socioeconómicos que influyen en la cantidad de uso de leña en el estado de Bauchi, Nigeria, aplicó una encuesta a 539 hogares, se utilizó el modelo de regresión de mínimos cuadrados ordinarios como herramienta de análisis de datos.

Dinesh K. y otros (2020) en su trabajo de investigación denominado “Estudio del uso de la energía en hogares rurales, semiurbanos y urbanos en regiones de Nepal” describen el estado actual del uso de la energía en los hogares de Nigeria; aplicaron una encuesta sobre el uso de la energía en el hogar, se incluye la electricidad.

Santos S., Juan M. (2020) en su tesis titulada “Determinación del poder calorífico de tres especies de coníferas de bosque templado de México, *Pinus cooperi* C. Blanco, *Pinus durangensis* Ehren y *Pinus engelmannii* Carr” recolectó muestras de cada especie para después trasladarlas al laboratorio de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, donde se realizó el proceso de caracterización de las muestras con base en la metodología establecida por la norma ASTM.D 1762-84 Método de la prueba estándar para el análisis químico de carbón de leña. Las variables evaluadas fueron contenido de carbón fijo, contenido de cenizas y poder calorífico posteriormente a los resultados obtenidos se aplicó estadística descriptiva para la comparación de muestras.

1.4.2 Estudios sobre recursos energéticos de la biomasa

Cerca de 2 mil millones de personas en el mundo dependen de la biomasa para cocinar o calentar sus viviendas. Aquí se presentan algunos estudios que se han realizado en diferentes partes del mundo en México y en Chiapas.

Estudios realizados en el mundo

En 2011 en Bogotá, Colombia, los investigadores de la Universidad Nacional de Colombia, Fabio E. Sierra Vargas, Fabiola Mejía B. y Carlos A. Guerrero F. trabajaron en el proyecto denominado “Implicaciones ambientales del uso de la leña como combustible doméstico en la zona rural de Usme”. Estos investigadores identificaron los impactos que el uso de la leña para cocción de alimentos genera sobre la salud, la economía y aspectos culturales que definen su uso en esta región. También identificaron y caracterizaron las especies leñosas más usadas para la cocción de alimentos. Estas son: eucalipto, duraznillo, encenillo, arboloco, pino y acacio.

Durante 2015 en Valdivia, Chile; un equipo de investigadores de la Universidad Austral de Chile conformado por: Adison Altamirano y otros, trabajaron en el proyecto académico denominado “Disponibilidad y potencial energético de la biomasa del bosque nativo para el

desarrollo de la dendroenergía en el centro-sur de Chile”. Ellos realizaron un estudio que comprendió la identificación de las especies de árboles de los bosques de la región de La Auracaria, Los Ríos y Los Lagos del centro-sur de Chile y consideraron aspectos de accesibilidad, calidad de la biomasa y condiciones socioeconómicas de los propietarios de los terrenos. Se llegó a la conclusión que con la disponibilidad potencial de biomasa y su equivalente en poder energético muestran fuerte relación con el tipo y estructura del bosque.

Jörg Langbeing de la Universidad de Bochum, Alemania en 2017 en su trabajo de investigación “Leña, humo y enfermedades respiratorias en los países en desarrollo: el papel descuidado de la cocina al aire libre”. Analizó el papel de la cocina al aire libre y la prevalencia de enfermedades respiratorias en niños menores de 5 años mediante regresiones probit utilizando información de 41 encuestas realizadas en 30 países en desarrollo en Asia, África y América Latina. Langbeing encontró que cocinar al aire libre reduce las enfermedades respiratorias entre los niños de 0 a 4 años en un 9%, un efecto que alcanza el 13% entre los niños de 0 a 1 años.

En 2017, Hernán E. Díez y Juan F. Pérez de la Universidad de Antioquia en Medellín, Colombia; en su trabajo denominado “Caracterización fisicoquímica de leña representativa de especies utilizadas para cocinar en algunas regiones de Colombia” estudiaron las condiciones socioeconómicas y las principales especies de leña para cocinar en tres regiones de ese país. Las especies recolectadas fueron *Cordia alliodora*, *Guazuma Ulmifolia*, *Eucalyptus grandis* y *Pinus patula*. Los investigadores caracterizaron fisicoquímicamente la leña y la compararon con combustibles fósiles en cuanto a emisiones de CO₂, densidad energética y costos. Concluyeron que las especies de leña estudiadas son aptas para ser gasificadas en reactores de lecho fijo debido a su alto contenido de materia volátil (> 80%) y bajo contenido de cenizas (< 1.8%).

Juan Carlos Samayoa Fernández en San Raymundo, Guatemala en 2018 en su trabajo de investigación “Estudio del consumo de leña a nivel del hogar en las comunidades de El ciprés, caseríos El limón y el Edén del municipio de San Raymundo” evaluó la disponibilidad de la leña, realizó mediciones forestales en los bosques aledaños de la comunidad, así como el volumen de leña consumida por la comunidad a través de encuestas. También identificó la dinámica social sobre la leña apoyándose en grupos focales.

Estudios realizados en México

En nuestro país el consumo de la leña representa el 10% de la energía primaria y aporta el 46% de la energía solicitada por el sector residencial (Maser, 1993). La leña es usada por más de 27 millones de personas. Un 89% de la población rural utiliza leña como principal combustible para la cocción de alimentos y en las zonas urbanas los usuarios de leña constituyen el 11% de la población (Díaz, 2000). El consumo promedio de la leña es de 2.1 Kg/día/habitante o 4.6 ton/familia/año, suma unos 30 millones de m³/año en total. El uso de la leña se concentra principalmente en los hogares rurales y pequeñas industrias.

En términos ambientales, la introducción de estufas rurales eficientes es una oportunidad de mitigación, ya que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero. El Programa Especial para el cambio climático ha establecido la introducción de 500,000 estufas de leña en las comunidades durante el período 2007-2012, una reducción estimada de 2.5 MtonCO₂ por año para todo el país.

El proyecto de estufas Patsari del Grupo Interdisciplinario de Tecnología rural Agropecuaria A.C., se implementó en 2003 en Michoacán y 15 estados de la república. Se buscó: a) innovación y desarrollo de tecnología, b) disseminación de estufas eficientes, c) desarrollo de pequeñas empresas locales, d) monitoreo y evaluación de impactos y e) fortalecimiento del programa. La estufa Patsari es una alternativa al fogón tradicional de tres piedras.

El proyecto actuó en 15 estados de México y se construyeron 4,500 estufas. Además, se capacitó a numerosas organizaciones de distintos estados que han construido más de 45 mil estufas. El costo beneficio tiene una relación entre 11:1 y 9:1 principalmente debido al ahorro de leña, 53% de los beneficiados y mejoras a la salud, 28% de los beneficiados (García-Frapoli y otros, 2010).

Estudios realizados en Chiapas

En el año 2009, el entonces Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Energías Renovables (IIER-UNICACH) de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas puso en marcha una serie de proyectos de instalación de eco tecnologías energéticas en las localidades de El Tuzal y Villa del Río. Seis años después, en marzo de 2015, se llevó a cabo la inauguración oficial de la *Comunidad Solar*, se hace referencia a los sistemas

fotovoltaicos que se instalaron. Es importante mencionar que fueron tres proyectos que se pusieron en marcha en la *región solar* y fue hasta octubre de 2014 que se terminaron de instalar las eco tecnologías energéticas.

Las ecotecnologías energéticas que se instalaron en la región solar, en la comunidad El Tuzal se colocaron siete grupos de eco tecnologías: tres sistemas fotovoltaicos para dotar de energía eléctrica a las viviendas e iluminación de vialidades, el cuarto sistema fotovoltaico fue para suministrar energía eléctrica al sistema de bombeo de agua para dotar de este líquido a las viviendas, el quinto sistema fotovoltaico fue para dotar de electricidad al refrigerador tipo nevera, de uso común, la sexta tecnología fue la estufa ecológica denominada *Lekil Vaj* y la séptima fue la estufa ecológica de nombre *Enerchía*.

En la comunidad Villa del Río se instalaron cinco grupos de eco tecnologías: un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica para las viviendas, el segundo fueron dos sistemas de aerogeneradores para dotar de electricidad a las viviendas, el tercero un secador solar para secar frutas y verduras, de uso comunal, el cuarto grupo consistió en sistemas fotovoltaicos individuales que incluyeron postes metálicos para la iluminación de las vialidades y el quinto grupos se refiere a las estufas ecológicas modelo *Enerchía*.

A manera de conclusión:

En el espacio territorial del ejido La Reforma se encuentran al menos cuatro fuentes de energía renovable: solar, eólica, hidráulica y biomasa, empero se considera que la implementación de sistemas energéticos renovables como son: paneles solares, aerogeneradores, hidrogenerador, secadores solares, estufas ahorradoras de leña van a estar en función de las condiciones sociales y económicas de la población, así como de las condiciones ambientales de la localidad. Para implementar sistemas energéticos provenientes de las energías solar y eólica, se requiere de infraestructura para que los pobladores se apropien de ellas, lo que significa inversión. En este sentido los recursos con los que cuenta la población no son suficientes ya que la actividad que realiza la mayoría, agricultura y actividades del campo, sólo les permiten cubrir sus necesidades básicas, la utilización de paneles solares o de un aerogenerador para alimentar una bomba de agua para riego de sus terrenos, representa una opción solo para quien pueda pagarlas.

En lo que respecta a la energía hidráulica en el ejido existe una cascada denominada “El salto” que se encuentra aproximadamente a 5 km del área del asentamiento humano. La cascada tiene una caída de agua de 30 m, en ella se puede instalar un hidrogenerador para la generación de energía eléctrica, sin embargo, esto impactaría de forma negativa al medio ambiente pues el lugar es selva virgen, existe flora y fauna endémica.

Se puede definir el concepto de necesidad energética abordando la parte etimológica del mismo, primero se definirá la palabra *necesidad* como el apremio doméstico que tiene un hogar; si nos referimos a la palabra *energético* se deduce que esta describe al concepto de energía, por tanto, vamos a referirnos al concepto como “el apremio que tiene un hogar con respecto al uso de la energía”. Este último se puede dividir en uso de la energía para el trabajo y uso de la energía en la vivienda. Tradicionalmente las actividades de las zonas rurales están orientadas a realizar actividades primarias (agricultura, ganadería, pesca, etc.) mismas que conllevan el uso de equipo que utiliza combustible para trabajar. Por otro lado, en la vivienda se requiere preparar alimentos, calentar agua, refrigerar alimentos, iluminación, mantener a una temperatura confortable la vivienda, entre otros. Se deben diseñar estrategias energéticas orientadas a satisfacer los usos finales de la energía.

Las necesidades energéticas de la población son la cocción de alimentos y calentar agua para bañarse para ello usan leña; las especies de árboles más utilizadas por los pobladores son: popistle, guácima, garrochillo, palo de agua, palo blanco, cocoite, guachi, guanacaste, zapote entre otros; estas especies predominan en la región, aunado a que los ejidatarios están inscritos en el programa del gobierno federal “Sembrando vida” para ello destinan una superficie de sus tierras para la reforestación de árboles. Consecuentemente la leña la consiguen de forma local, es muy económica y cubre las necesidades energéticas de la población.

Se puede señalar que la revisión conceptual fundamentó las bases del presente trabajo nos permitió analizar al ejido como un espacio territorial, las energías renovables presentes, así como las características sociales y económicas de la población y través de la teoría del desarrollo sustentable se puede aplicar la sustentabilidad energética a nivel de comunidad rural.

Capítulo II. Caracterización de la zona de estudio y estrategia metodológica

Como primer paso se necesitan conocer las características de la zona de estudio. Aspectos sociales como el demográfico, las cualidades económicas de la población del ejido, así como las condiciones ambientales del territorio. Para conseguir esto, se describe la zona de estudio, se elaboró el perfil sociodemográfico de la población. También se elaboró un mapa de uso del suelo y vegetación.

Con el conocimiento de las características sociales, económicas y ambientales del ejido se procedió a desarrollar el proceso metodológico que nos permitirá conocer las características físicas, químicas y energéticas de la biomasa forestal.

2.1 Caracterización de la zona de estudio

La comunidad La Reforma de Ocampo está ubicada en la parte norte del estado de Chiapas en el municipio de Palenque, se ubica a 33 kilómetros al sureste de la ciudad de Palenque, se puede llegar por carretera se localiza a $17^{\circ}18'47.890''$ de latitud Norte, $91^{\circ}41'37.705''$ de longitud Oeste y a 139 m sobre el nivel del mar (INEGI, 2020) (ver figura 2).

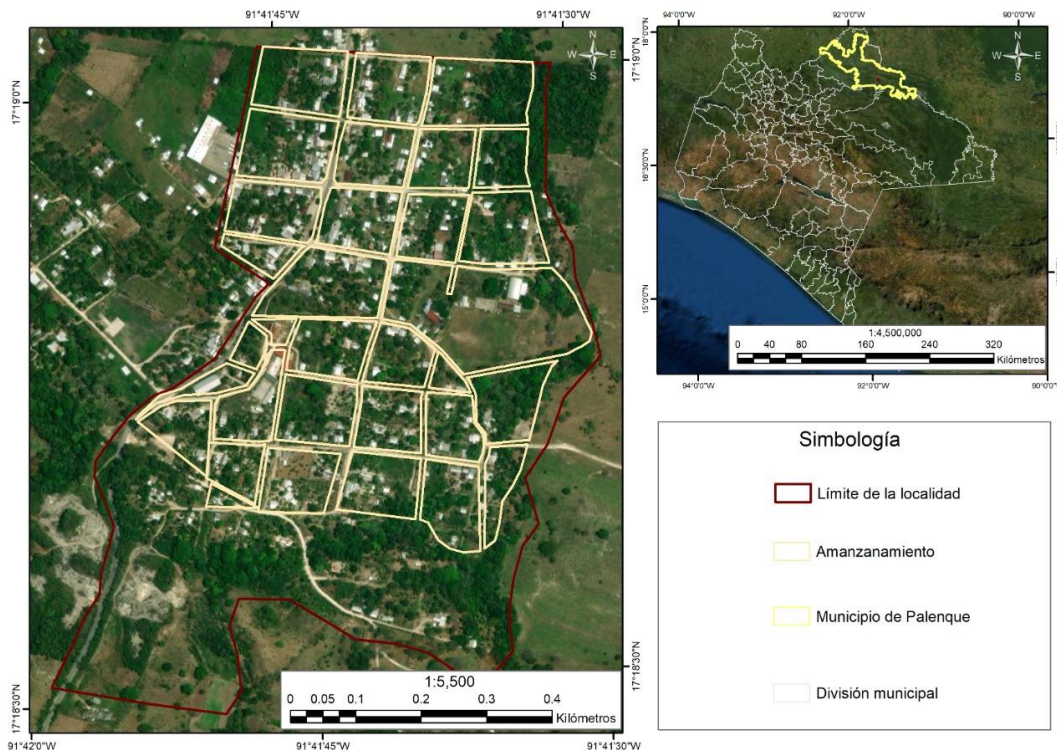


Figura 2.- Ubicación de la localidad La Reforma de Ocampo del municipio de Palenque, Chiapas
Nota: Elaboración con base en el Marco Geoestadístico Nacional 2020

Con respecto de las características ambientales, la clase de la tierra del ejido es pastizal natural, la vegetación arbórea está conformada por árboles de guanacaste, zapote, cocoite, guachi, guácima, popistle, garrochillo, palo de agua y palo blanco, entre otros. La vegetación secundaria la forman arbustos y hierbas. Con respecto al uso del suelo presenta agricultura de temporal constituida por cultivos de maíz, frijol, jitomate y chile (ver figura 3).

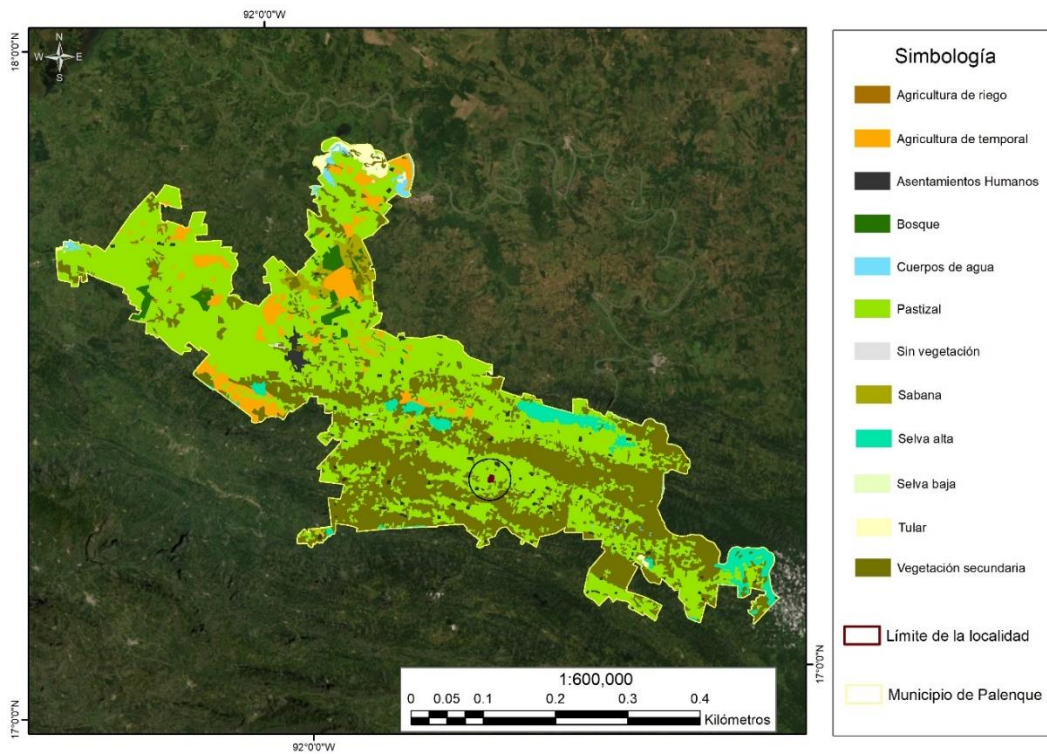


Figura 3.- Mapa de uso del suelo y vegetación de la comunidad La Reforma de Ocampo.

Nota: Elaboración con base en la carta de uso del suelo y vegetación. Serie VII

Perfil sociodemográfico de la población en el ejido La Reforma

Para conocer la dimensión social del ejido La Reforma se elaboró el perfil sociodemográfico de la población tomando como base la información del censo de población y vivienda 2020 elaborado por el INEGI.

Volumen y estructura poblacional (edad y sexo)

La localidad La Reforma de Ocampo en el municipio de Palenque cuenta con 702 habitantes en el año 2020, representa el 0.53 % del total de la población del municipio, el 48 % son hombres y el 52 % son mujeres (ver figura 4).

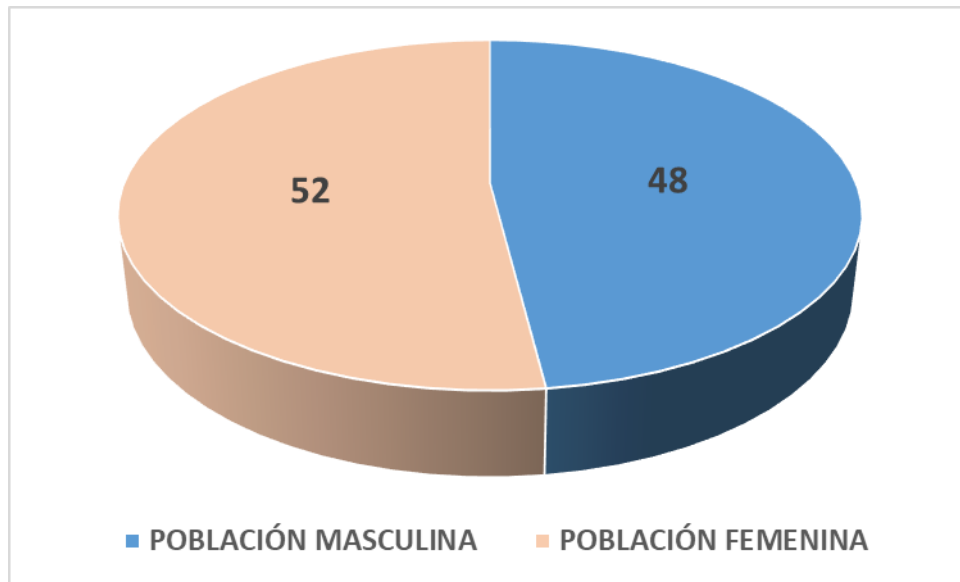


Figura 4. Porcentaje de población total según sexo.
Nota: Elaboración con base en datos del INEGI (2020).

La distribución poblacional en la localidad La Reforma de Ocampo, presenta los siguientes volúmenes: en los grupos de 0 a 14 años con 34 % de la población total en hombres y de 32 % en mujeres, el grupo de 15 a 24 años presenta 15 % de la población total de hombres y 16 % en mujeres. La población que habita en esta localidad, está definida por una estabilidad poblacional con un 45 % en los grupos de 25 a 64 años, con un 44 % en hombres y un 45 % en mujeres. El grupo de 65 años y más, representa el 7 % en hombres y 7 % en mujeres (ver figura 5).

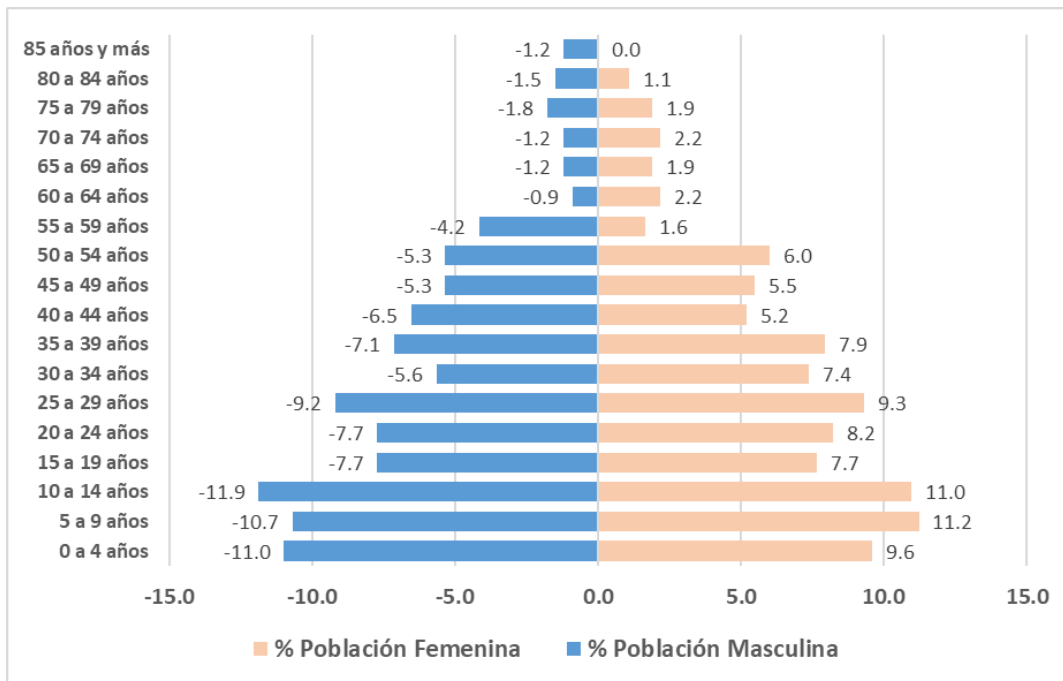


Figura 5. Pirámide poblacional de La Reforma de Ocampo en 2020
 Nota: Elaboración con base en datos de INEGI (2020).

La estructura de población predominante está integrada por el grupo de 15 a 64 años, esta representa el 60.4 %, es una población joven consolidada. Los grupos de población infantil representan un 32.6 %, por lo que puede establecerse como una población estable, considerada por su baja población envejecida que representa el 7 % del total de los habitantes de esta localidad (ver figura 6).

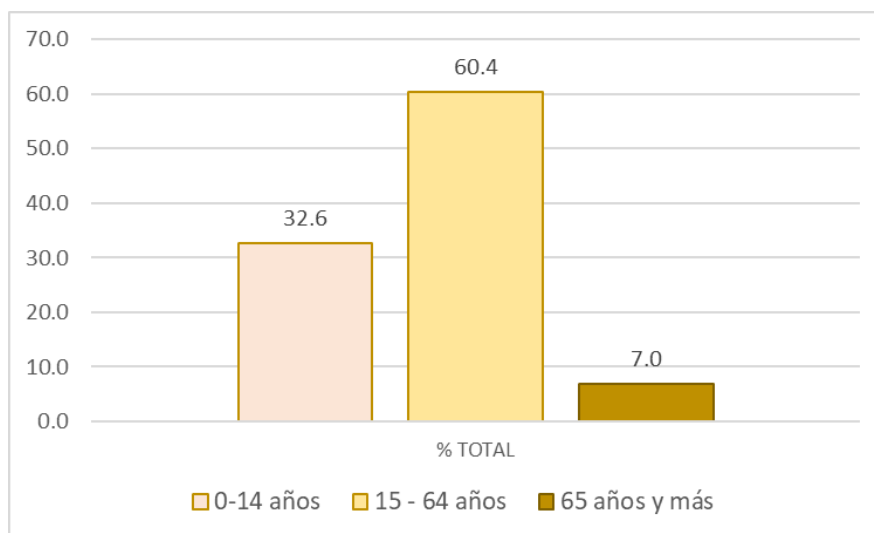


Figura 6. Porcentaje de población por grupos de edad en La Reforma de Ocampo en 2020
 Nota: elaboración con base en datos de INEGI (2020).

Natalidad

El número de hijos nacidos vivos de la población femenina en edad reproductiva en el municipio de Palenque corresponde a 2.56, mientras que el número de hijos nacidos vivos en la comunidad La Reforma de Ocampo es de 2.75; lo que indica que la tasa de natalidad promedio es mayor al promedio municipal (ver figura 7).

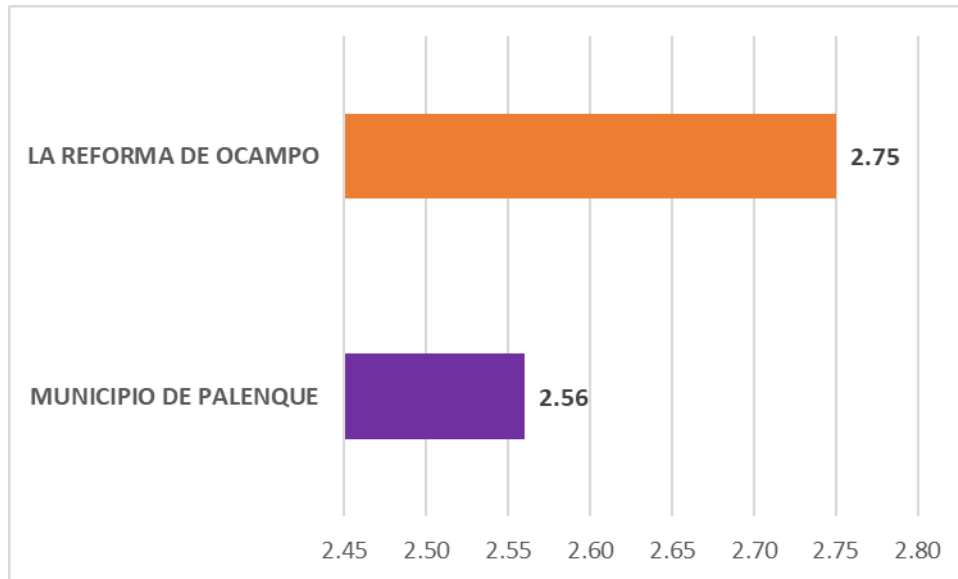


Figura 7. Hijos nacidos vivos de mujeres en edad reproductiva en La Reforma de Ocampo
Nota: Elaboración con base en datos de INEGI (2020).

Situación social

El estado de Chiapas a nivel nacional se encuentra entre los estados con mayor porcentaje de rezago educativo. En el 2020 se registró una población analfabeta de 15 años y más correspondiente al 13.68 % del total de su población en edad escolar; el grado promedio de escolaridad bajo de 13.5 a 12.8 en los años de 2015 a 2020.

Educación

En la comunidad La Reforma de Ocampo se registró un incremento en el grado promedio de escolaridad de 6.52 a 7.85 entre los años 2010 a 2020. Lo que indica que en promedio la población tiene un grado de estudio de segundo grado de secundaria.

Con respecto de las características educativas el grupo de 18 años y más con educación posbásica presenta una población de 136 personas, le sigue el grupo de 15 años y más con secundaria con 125 personas, seguido del grupo de 15 años y más con primaria con 71 personas, seguido del grupo de 15 años y más con primaria incompleta con 58 personas,

en penúltimo sitio se encuentra el grupo de 15 a 17 años que asiste a la escuela con 36 estudiantes y por último se encuentra el grupo de 18 a 24 años que asiste a la escuela con 16 estudiantes (ver figura 8).

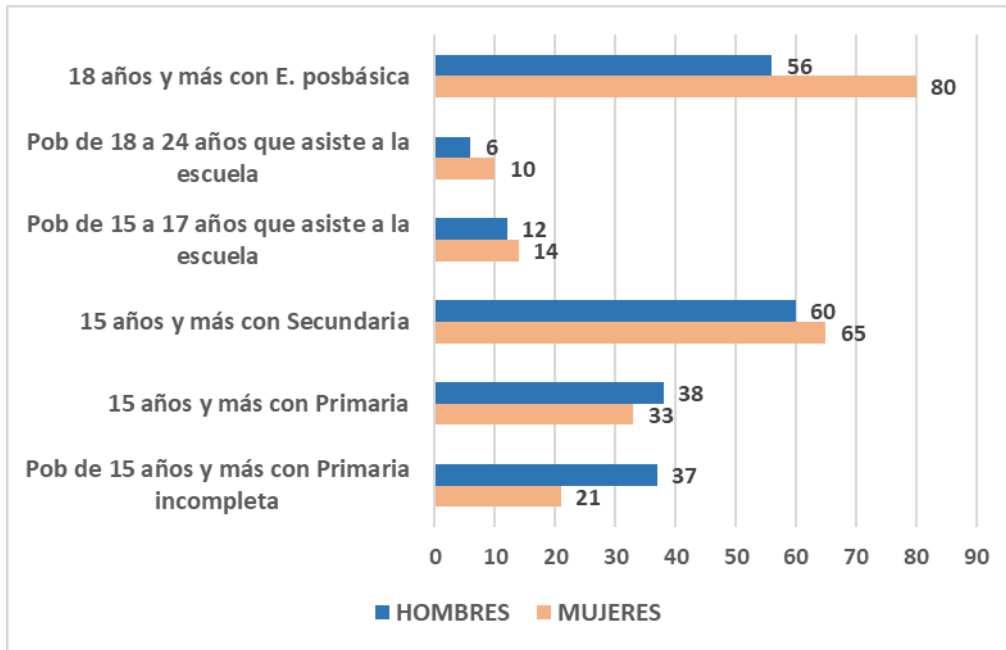


Figura 8. Características educativas en el Ejido La Reforma en 2020
 Nota: Elaboración con base en datos de INEGI (2020).

Salud

En la localidad La Reforma de Ocampo existe una clínica de salud. Esta clínica ofrece cuidados primarios para pacientes ambulatorios y servicios de salud preventivos. Generalmente las personas tienden a trasladarse a la ciudad de Palenque para recibir atención si requieren otros servicios. La población con derechos a servicios de salud aumentó de 303 a 448 afiliados. De estos últimos 74 están afiliados al IMSS, 26 al ISSSTE, 1 a servicios de salud de PEMEX y 347 están afiliados al Instituto de Salud para el bienestar (ver figura 9).

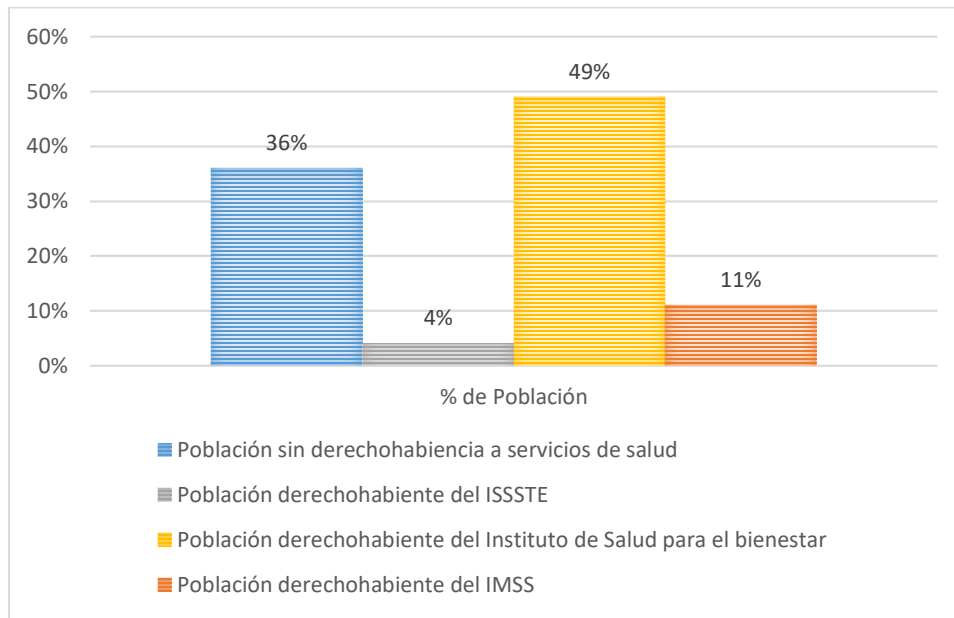


Figura 9. Población derecho habiente a servicios de salud del ejido La Reforma en 2020
 Nota: Elaboración con base en datos de INEGI (2020).

Religión

La religión cumple un papel de suma importancia en la sociedad, es más notorio el arraigo en ciudades pequeñas. Brinda tranquilidad y fomenta un comportamiento de solidaridad y empatía entre los individuos. Se cuentan con diversos grupos religiosos, a nivel nacional la religión católica es la predominante con poco más del 80 % de la población, seguido de la cristiana. De acuerdo con los datos obtenidos del INEGI en el 2020 se observó que en la localidad de La Reforma aproximadamente el 81 % de la población se reconoce como católica, un 12 % se identifica como protestante, evangelista o algún otro derivado bíblico y un 7 % se reconoce sin religión (ver figura 10).



Figura 10. Condición de credo de los habitantes del Ejido La Reforma en 2020
Nota: Elaboración con datos de INEGI (2020).

Grupos étnicos

De acuerdo con el INEGI (2020) se registraron 67 personas que hablan una lengua indígena (náhuatl). Cabe comentar que los actuales pobladores del ejido son personas descendientes de padres o abuelos originarios de los estados de Veracruz y Puebla. De allí la razón de que hablen náhuatl (ver figura 11).

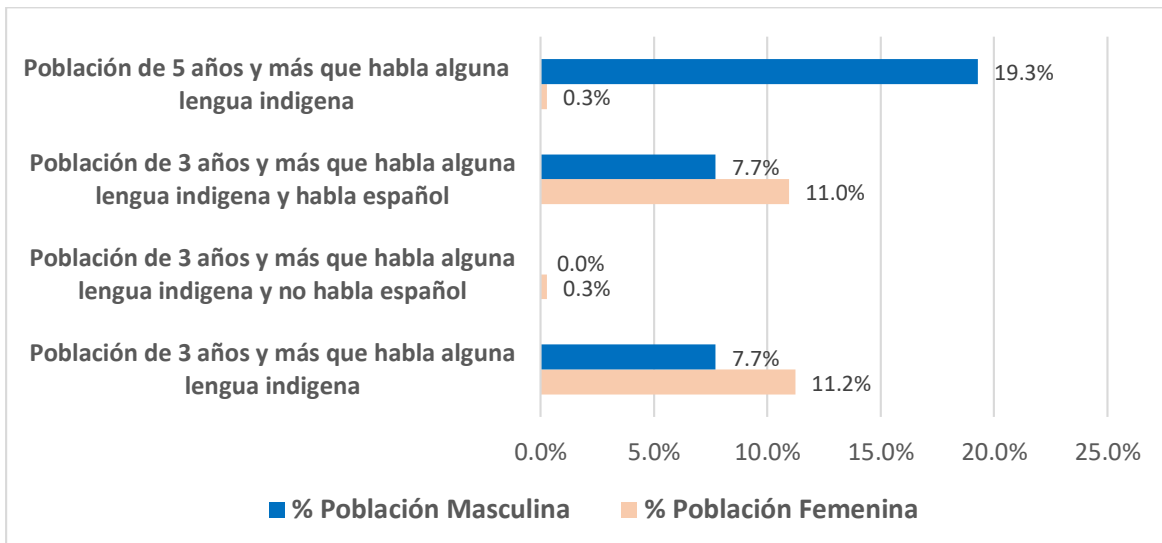


Figura 11. Población que habla alguna lengua indígena en el Ejido La Reforma en 2020
Nota: Elaboración con datos de INEGI (2020).

Vivienda

De las 176 viviendas particulares habitadas con servicios, 168 tienen paredes de ladrillo o block y cuentan con piso de concreto. Todas las viviendas cuentan con energía eléctrica que suministra la CFE.

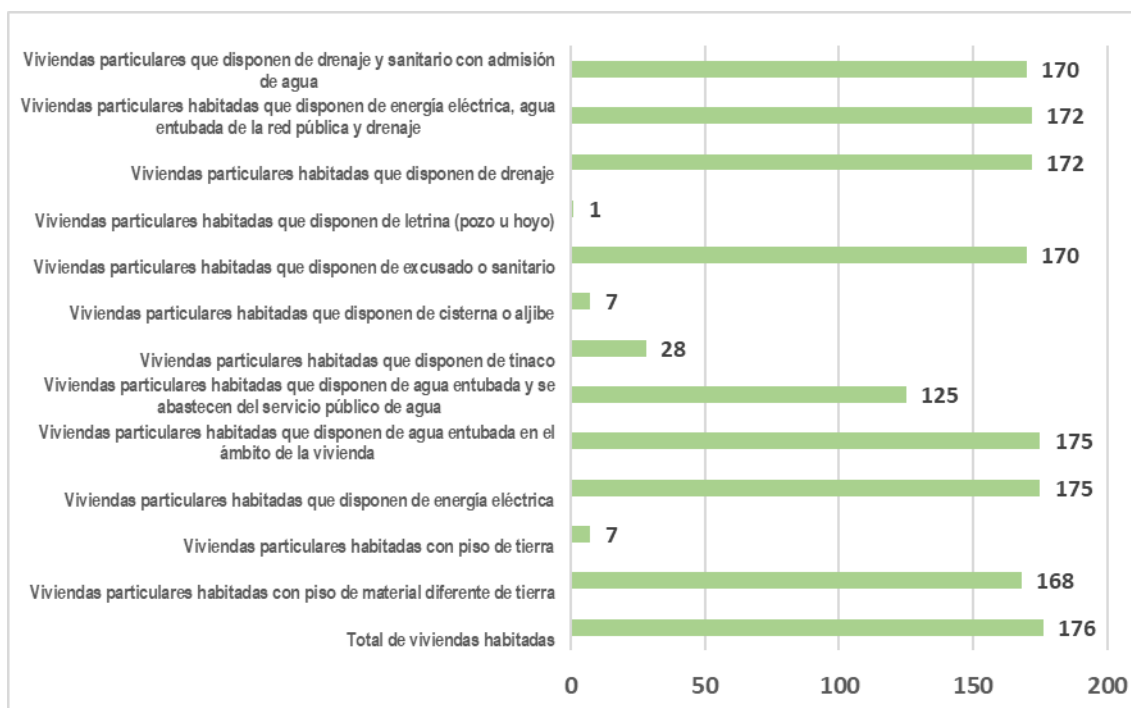


Figura 12. Características de las viviendas del Ejido La Reforma en 2020
Nota: Elaboración con datos de INEGI (2020).

Situación económica

Población económicamente activa (PEA)

En el ejido La Reforma la población realiza actividades primarias, en el año 2020 se registró que la población de 12 años y más, el 51% se encontraba económicamente activa, mientras que un 22 % no realiza actividades remuneradas (ver figura 13). El 26 % de la población no contemplada se refiere a individuos menores de 12 años o personas que no respondieron este indicador. En lo relacionado al trabajo o actividades de subsistencia, hay una gran diferencia entre hombres y mujeres. Del 51 % de la PEA durante el 2020, el 60 % fueron individuos masculinos y el 40% individuos femeninos. Mientras que del 22 % de la población no activa, el 21 % eran masculinos y el 79 % individuos femeninos.

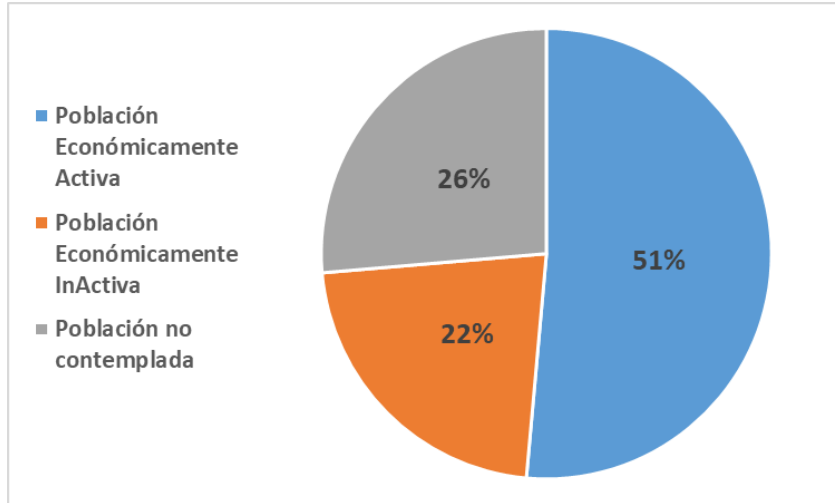


Figura 13. Características económicas del ejido La Reforma en 2020
 Nota: Elaboración con datos de INEGI (2020).

Con respecto a la distribución de los jefes de familia según el género un 87 % son hombres y un 13 % son mujeres (ver figura 14).

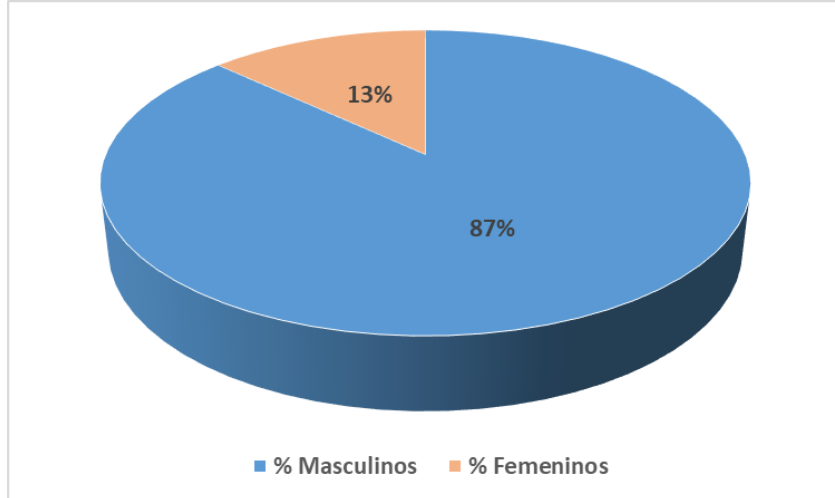


Figura 14. Porcentaje de la Jefatura de familia según sexo
 Nota: Encuesta de necesidades energéticas

Principales actividades económicas

Las principales actividades económicas están relacionadas con la agricultura, esta es de temporal, se dedican al cultivo de maíz, frijol, jitomate y chiles. La producción de maíz, frijol y jitomates es para autoconsumo. Con respecto del chile un 80 % de la producción se entrega al centro de acopio y el 20 % se deshidrata en hornos de leña.

Desde hace 8 años, los ejidatarios se reunieron para formar una cooperativa para la creación, puesta en operación y la administración del centro ecoturístico denominado “El salto”, es una cascada que se encuentra a unos 5 kilómetros del asentamiento humano. Dicha cooperativa les permitirá contar con ingresos económicos como resultado del turismo, así como cuidar y proteger en forma sustentable esta belleza natural.

Condición actual de la localidad

La falta de oportunidades para la población en edad laboral, propicia la migración hacia la cabecera municipal de Palenque donde se pueden emplear en actividades diversas para generar el sustento económico para las familias residentes en el ejido La Reforma. Los estudiantes de bachillerato tienen que desplazarse hacia la localidad de Cháncala y los estudiantes de licenciatura migran hacia Palenque y Ocosingo que son localidades urbanas que cuentan con universidades públicas.

Como las actividades agropecuarias son la base de la actividad económica en el ejido La Reforma, está presente la baja rentabilidad por los altos costos de la energía eléctrica, gas LP, gasolina, infraestructura, así como de los insumos utilizados por los agricultores, la falta de créditos para la inversión en cultivos entre otros. El impulso del centro ecoturístico El Salto, permitirá detonar la actividad turística en el ejido lo que redundará en mejoras en el ingreso de las familias de la comunidad.

2.2 Estrategia metodológica

El proceso metodológico se dividió en cuatro etapas: etapa 1 “Recolección de datos”, etapa 2 “Trabajo de campo”, etapa 3 “Caracterización de la biomasa forestal” y la etapa 4 “Estimación del potencial energético de la biomasa forestal”. Ver figura 15.

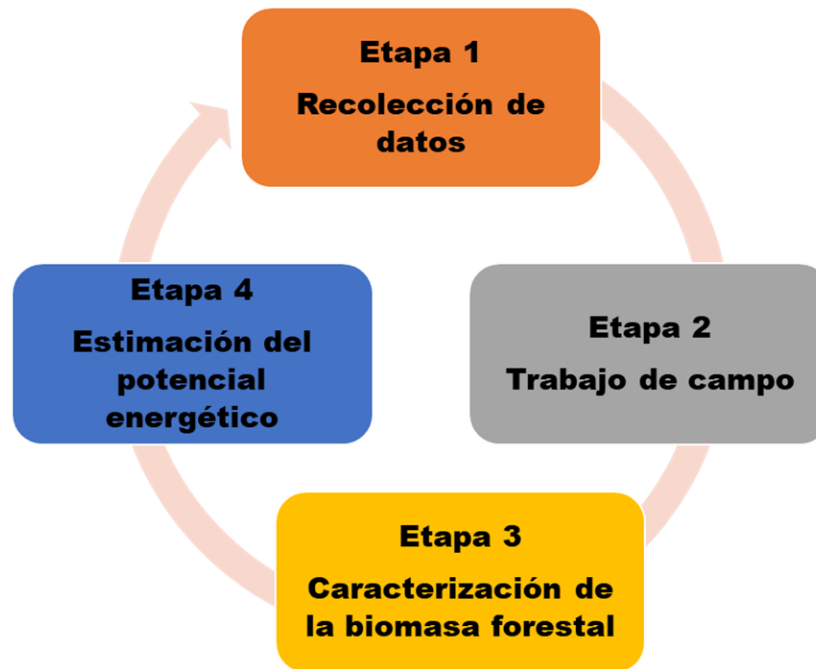


Figura 15. Proceso metodológico
Nota: Elaboración propia

Etapa 1. Recolección de datos

Para la construcción teórica de esta investigación como primera etapa se recurrió a la búsqueda de fuentes bibliográficas relacionadas con la caracterización de biomasa forestal y necesidades energéticas en comunidades rurales: en libros, revistas especializadas, tesis y artículos académicos. Esta información se integró y complementó con la revisión cartográfica de la zona de estudio para describir y analizar las condiciones sociales, económicas y ambientales del ejido La Reforma.

Etapa 2. Trabajo de campo

Diseño y aplicación de la encuesta de necesidades energéticas

Lo primero que se definió fue el objetivo, mismo que quedo redactado de la siguiente forma: “La encuesta tiene como finalidad contar con una base de datos que nos permita conocer el uso que se da a la energía en las viviendas de una comunidad rural”. Para conseguir lo anterior se diseñó la encuesta de necesidades energéticas; esta quedó estructurada por los apartados de: datos generales, condición social, condición económica, energía utilizada en el trabajo y energía utilizada en la vivienda. La figura 16 presenta los apartados y las variables (ver formato completo en el anexo).

Datos generales	Condición social	Condición económica	Energía en la act. económica	Energía en la vivienda
Ubicación (Mna, Lote)	Grado de estudios	Ocupación	Utiliza energía en sus labores	La vivienda cuenta con energía eléctrica?
	Edad	Ingreso promedio mensual	Origen de la fuente.	Combustibles que más utilizan para cocinar.
	Número de personas que habitan la vivienda.	Gasto bimestral en energía eléctrica	Si usted tuviera la oportunidad de mejorar su condición de consumo de energía en su trabajo,	Cual es su consumo de leña a la semana? Utilizan estufa de gas para cocinar?
		Gasto en gas LP	que equipo le gustaría utilizar para realizar sus actividades?	Tiempo que utilizan la estufa?
		Gasto en leña		Si usted tuviera la oportunidad de mejorar su condición de consumo de
				energía en el hogar, que mecanismo le gustaría usar para preparar sus alimentos?

Figura 16. Estructura de la encuesta de necesidades energéticas
Nota: Elaboración propia

Se definió que la encuesta se aplicará al jefe o la jefa de familia. De acuerdo con INEGI, (2020) la localidad La Reforma de Ocampo cuenta con 176 viviendas particulares habitadas con servicios (VPHCS).

Para calcular la muestra de la población (n) se manejó un nivel de confianza del 90%, un porcentaje de error del 10%, p y q representan los eventos probabilísticos de éxito y fracaso; se consideró que un 89% de los hogares rurales utilizan leña para cocción de alimentos, por lo tanto, $p=0.89$ y $q=0.11$ (Díaz, 2000). De la distribución normal tenemos que los valores para Z y e , son $Z=1.64$ y $e=0.1$. Se utilizó la ecuación 2.1:

$$n = \frac{Z^2 pqN}{e^2(N-1) + Z^2 pq} = \frac{(1.64)^2 (0.89)(0.11)(176)}{(0.1)^2(175) + (1.64)^2 (0.89)(0.11)} = 23.01$$

VPHCS	Nivel de confianza	Margen de error	Tamaño ideal de la muestra
176	90%	10%	23

Se procedió al levantamiento de la encuesta los días 26, 27 y 28 de enero de 2022, para ello se utilizó el **muestreo aleatorio simple**; como paso número 1 se seleccionó la primera vivienda de la muestra y luego se seleccionaron los elementos posteriores, utilizamos intervalos fijos, 1 vivienda por manzana, en total se encuestaron 23 viviendas.

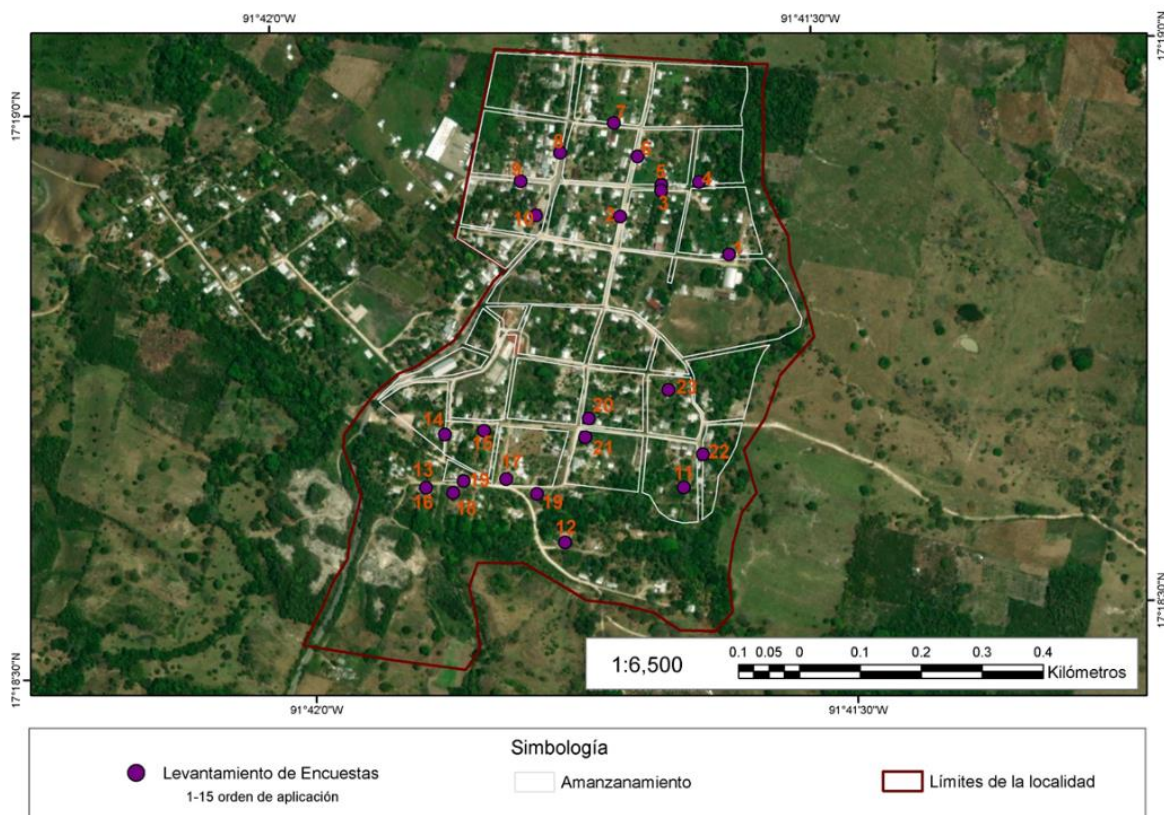


Figura 17. Plano de identificación de las viviendas encuestas de la localidad La Reforma de Ocampo
Nota: Elaboración con datos de INEGI (2020)

Entrevista con actores clave del ejido

Con la finalidad de conocer la preferencia de los pobladores por las especies leñosas de la región, se realizaron entrevistas a los integrantes del comisariado ejidal y del consejo de vigilancia del ejido. Las preguntas que se formularon son: ¿Cuáles son las especies de árboles que utilizan para leña?, ¿Cuál es el porcentaje de su parcela destina como reserva para el acahual? y ¿Cuál es la distancia de su vivienda al acahual? Las respuestas se pueden ver en la tabla 3.

Persona entrevistada	% de la parcela	Distancia (km)	Leñas
Presidente del comisariado ejidal (C.E.)	5%	1.8	Guácima, palo blanco, palo de agua, garrochillo.
Secretario del C.E.	5%	1.2	Guácima, popistle, palo de agua, palo blanco, garrochillo.
Tesorero del C.E.	5%	2.6	Guácima, cocoite.
Presidente del consejo de vigilancia (C.V.)	5%	5.6	Guácima, popistle.
Secretario del C.V.	18%	6.2	Guácima, zapote
Tesorero del C.V.	40%	9.2	Guácima, tabaquillo

Tabla 3. Respuestas de la entrevista con actores clave del ejido

Nota: Elaboración propia

Como resultado de las entrevistas se puede concluir que las especies de árboles de guácima, palo blanco, palo de agua, popistle y garrochillo son las preferidas por los pobladores para la cocción de alimentos. De acuerdo con la experiencia de las amas de casa las maderas anteriores proporcionan una buena cocción a la comida y generan menos cantidades de humo. Por lo que respecta al porcentaje de la parcela que se destina como reserva arbórea, no se tomaron en cuenta los porcentajes reportados por el secretario y el tesorero del consejo de vigilancia, ya que estos porcentajes provocarían un sesgo en el cálculo de la superficie de la reserva. Por lo tanto, para el cálculo se considera el 5% de la superficie del área parcelada destinada a la reserva arbórea. Como el total del área parcelada del ejido es de 1,500 hectáreas y se estima que el 5% se destina para la reserva, esto da como resultado un total de 75 hectáreas.

Con respecto a la leña los pobladores de la comunidad no talan árboles más bien recolectan y aprovechan los recursos maderables que ya no son viables, se contribuye así a la sustentabilidad en materia ambiental.

Etapa 3. Caracterización física, química y energética de la biomasa forestal

Para conocer las características físicas, químicas y energéticas de la leña se precisó que primero nos daríamos a la tarea de conocer las características físicas de la biomasa para ello se realizó trabajo en campo, se definió una hectárea de terreno de acahual para conocer la densidad forestal, el volumen y la densidad de la leña y se recolectaron muestras de las especies leñosas. Como segundo paso, se consideró llevar las muestras al laboratorio para realizar el análisis químico, el análisis inmediato o análisis de proximales y las pruebas para conocer el poder calorífico.

Como trabajo previo a las actividades de campo, se acudió a la búsqueda de información relacionada con las cinco especies de leña, preferidas por los pobladores del ejido. Para conocer las características de estas especies se ingresó a las bases de datos de la Comisión Nacional para el conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO). Es conveniente aclarar que la leña que utilizan los pobladores del ejido La Reforma, la obtienen de una superficie de la parcela destinada como reserva natural denominada acahual.

Acahual. - El diccionario de la lengua española RAE lo define como “Hierba alta y de tallo algo grueso de que suelen cubrirse los barbechos”. En tanto que la SEMARNAT (2003), especifica que acahual es “la vegetación forestal que surge de manera espontánea en terrenos que estuvieron en uso agrícola o pecuario en zonas tropicales”.



Figura 18. Fotografía del acahual
Nota: Elaboración propia

En la superficie correspondiente al área parcelada del ejido La Reforma se encuentra la reserva arbórea, en ella podemos encontrar varias especies de árboles para leña, la comunidad se inclina por las especies de garrochillo, guácima, palo de agua, palo blanco y popistle para la cocción de alimentos y para calentar agua.

De acuerdo con la CONABIO (2022) los nombres científicos y la descripción biogeográfica de los árboles más utilizados como leña, se presentan a continuación:

Garrochillo (*Cupania dentata*). - Se le conoce también como agua al ojo blanco, agualojo, ahuate, entre otros. Se distribuye en el sureste de México en los estados de la vertiente del Golfo de México: Tabasco, Campeche y Quintana Roo. También se encuentra en los estados de la vertiente del pacífico: Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Colima, Jalisco y Michoacán.



Figura 19. Árbol de garrochillo
Nota: Elaboración propia

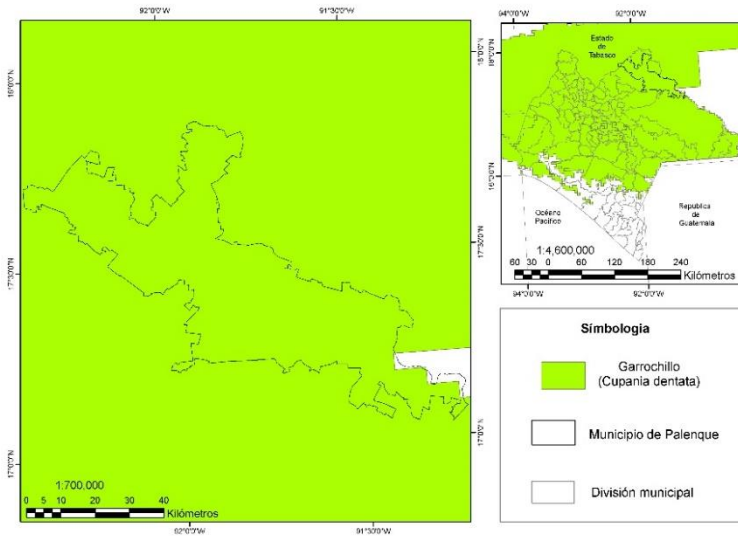


Figura 20. Distribución espacial del árbol de garrochillo en el municipio de Palenque.
Nota: Elaboración con base en el geoportal de la CONABIO

En la figura 20, puede verse la distribución espacial del árbol de garrochillo en el municipio de Palenque y en el estado de Chiapas. Como se observa esta especie es endémica de la región.

Guácima (*Guazuma ulmifolia*). - Es un árbol de mediano porte muy ramificado de la familia de las malváceas que puede alcanzar hasta 20 metros de altura, con un tronco de 30 a 60 centímetros de diámetro. Produce flores pequeñas de 5 pétalos de color blanco-amarillentas, el fruto es una capsula subglobosa. Está distribuido en México en ambos litorales hasta Centroamérica. Es común encontrarla en terrenos yermos, cultivos, faldas de colinas y bosques secundarios de mediana elevación.



Figura 21. Árbol de guácima
Nota: Elaboración propia

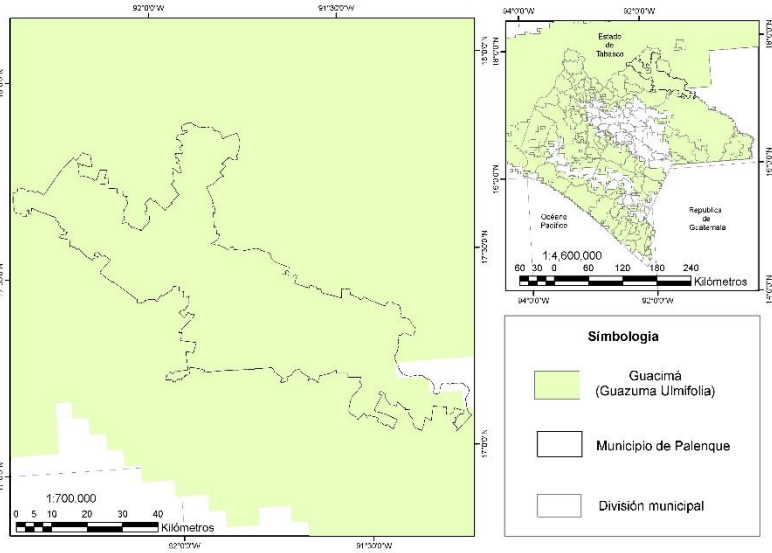


Figura 22. Distribución espacial del árbol de guácima en Palenque
Nota: Elaboración con base en el geoportal de la CONABIO

En la figura 22, puede verse la distribución espacial del árbol de guácima en el municipio de Palenque y en el estado de Chiapas. Como se observa esta especie es endémica de la región.

Palo de agua (*Symplocos breedlovei*). - Es un árbol pequeño de 1 a 10 metros de altura, distribuido en Guatemala y México. Tiene una extensión de ocurrencia de 2,647.25 km² y un área de ocupación de 68 km. Esta planta está amenazada por la deforestación que resulta en cambio de uso del suelo. Esta especie no se encuentra distribuida en la región de Palenque ni en el estado de Chiapas, es una especie inducida.



Figura 23. Fotografía del árbol de palo de agua.
Nota: Elaboración propia

Palo blanco (*Guarea grabla*). - Es un árbol nativo de México que pertenece a la familia Meliceae. Mide de 25 a 30 metros de altura, con fuste recto copa densa y redonda, las ramas jóvenes son pubescentes, se vuelven grablas y de color café grisáceo pálido o blanco grisáceo al madurar, flores de color blanco de cremoso, rosado o verdoso, fragantes, frutos tipo capsulas de color pardas o rojas. Se distribuye principalmente en la vertiente del Golfo de México en los estados de Veracruz, por la vertiente del pacífico se distribuye de los estados de Sinaloa a Chiapas.



Figura 24. Árbol de palo blanco
Nota: Elaboración propia

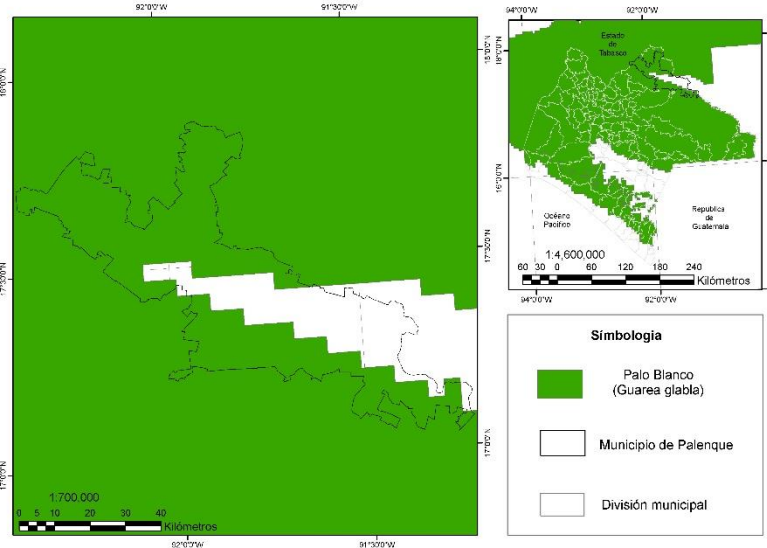


Figura 25. Distribución espacial del árbol de palo blanco en el municipio de Palenque
Nota: Elaboración con base en el geoportal de la CONABIO

Popistle (*Blepharidium guatemalense*). - Es un género monotípico de plantas con flores pertenecientes a la familia Rubiaceae. Su única especie *blepharidium guatemalense* es originaria de Centroamérica.



Figura 26. Fotografía de árbol de popistle
Nota: Elaboración propia

Esta especie no se encuentra distribuida en la región de Palenque ni en el estado de Chiapas, es una especie inducida, por la información con que se cuenta se deduce que fue importado de Centroamérica.

Para conocer las características físicas de la biomasa como son la densidad forestal, el diámetro del árbol, el fuste, entre otros; se realizó trabajo de campo el 25 de agosto de 2022. Se seleccionó una hectárea de reserva arbórea. Para obtener la densidad forestal se contaron el número de ejemplares existentes en la hectárea. Para conocer el diámetro y el fuste, se tomaron 3 ejemplares de cada especie, se midió el diámetro y el fuste de cada uno de ellos. Esta información se confrontó con datos de fuentes oficiales como son las bases de datos de la CONABIO, bases de datos del Inventario Nacional Forestal y de suelos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) entre otras. Los resultados que se obtuvieron en campo se presentan en la tabla 4:

ESPECIE	EJEMPLAR	DIAMETRO (m)	FUSTE (m)	Diámetro promedio (m)	Fuste promedio (m)	Densidad forestal (árboles/hectárea)
Palo blanco	1	0.40	3.25			40
	2	0.44	4.50	0.40	3.98	
	3	0.36	4.20			
Popistle	1	0.44	3.60			35
	2	0.37	3.50	0.40	3.47	
	3	0.40	3.30			
Palo de agua	1	1.00	2.90			15
	2	0.65	5.00	0.72	5.03	
	3	0.50	7.20			
Garrochillo	1	0.38	5.00			13
	2	0.54	2.50	0.47	3.65	
	3	0.49	3.46			
Guácima	1	0.97	1.45			6
	2	1.65	3.10	1.16	2.36	
	3	0.87	2.53			

Tabla 4. Características físicas de las especies de biomasa forestal en el ejido La Reforma
Nota: Datos tomados en una hectárea de terreno

Se recolectaron muestras en campo mismas que se secaron para retirar la humedad, posteriormente con un cepillo eléctrico se convirtieron en viruta. Se separaron 5 muestras con un peso aproximado de 800 gramos cada una.



Figura 27. Corte de la leña con sierra y cepillo eléctrico
Nota: Elaboración propia



Figura 28. Secado de la madera en casa
Nota: Elaboración propia



Figura 29. Peso de la muestra
Nota: Elaboración propia



Figura 30. Muestras de las 5 especies
Nota: Elaboración propia

Conversión de la medida “un tercio de leña” a kilogramos

Como resultado de la encuesta se obtuvo que las familias consumen en promedio 1.39 tercios de leña a la semana. Por lo que se procedió a la medición de un tercio de madera del árbol de palo blanco (muestra con la que se contaba en campo) el resultado fue:

1 tercio de leña = 44.02 Kg

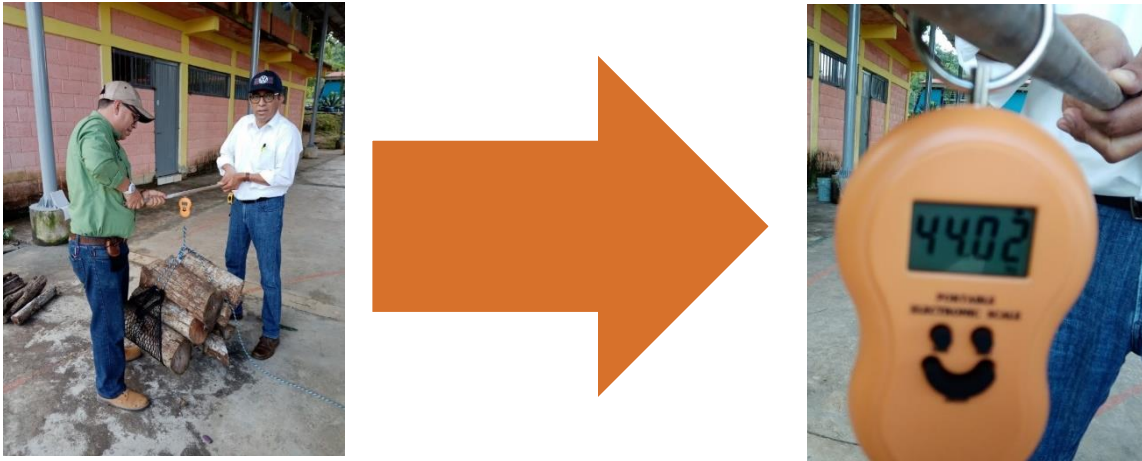


Figura 31. Medición de un tercio de leña
Nota: Elaboración propia.

Los parámetros que se deben estudiar para el cálculo de la biomasa energética son el grado de humedad, el porcentaje de materia volátil, el porcentaje de cenizas, la densidad y el poder calorífico superior entre otros.

El grado de humedad es una característica física de la biomasa, se aconseja que sea inferior a 15%, ya que la evaporación del agua contenida en la biomasa consume parte de la energía liberada en la combustión. La densidad es una característica que influye en la duración del proceso de combustión y en los equipos utilizados en el tratamiento y en la propia combustión.

De acuerdo con Carta y otros (2009). El poder calorífico es la cantidad de calor desprendido por la combustión completa de un kilogramo de combustible a presión constante. Sus unidades son kcal/kg o kJ/kg. Se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$PCS = 8,100 C + 34,000 (H - (O/8)) + 2,500 S \quad (2.2)$$

Dónde:

S, H, C y O son la proporción en peso en tanto por uno del combustible de azufre, hidrógeno, carbono y oxígeno, respectivamente.

Clasificación del contenido energético de las maderas

La clasificación del contenido energético de la leña se puede revisar en la tabla en Excel descargada de la página clean cooking alliance, prueba de ebullición del agua, opción hoja de cálculo en <https://cleancooking.org>. Clean Cooking Alliance trabaja como una red global de socios para llevar la cocina limpia a los miles de millones que no la tienen. El objetivo de esta red es cambiar a una cocina limpia para que se utilicen estufas y combustibles modernos, transformar vidas al mejorar la salud, proteger el clima y el medio ambiente, empoderar a las mujeres y ayudar a los consumidores a ahorrar tiempo y dinero.

Tree species	HHV, kJ/kg	LHV, kJ/kg	Char, g	Mass Fraction
12 Abies Balsamea (Balsam Fir)	18,916	17,596	29,500	0.500
13 Acacia Auriculiformis (Ear-Leaf Acacia, Ear-Pod Wattle)	20,370	19,050	29,500	0.500
14 Acacia Decurrens (King Wattle, Green Wattle, Sydney Black Wattle)	18,700	17,380	29,500	0.500
15 Acacia Farnesiana (Sweet Acacia, Sweet Wattle)	19,200	17,880	29,500	0.500
16 Acacia Leucophloea (Kikar, Kuteeera Gum)	21,800	20,480	29,500	0.500
17 Acacia Mearnsi (Black Wattle)	19,530	18,210	29,500	0.500
18 Acacia Nilotica (Egyptian Thorn, Babul (India), Babar (Pakistan))	20,475	19,155	29,500	0.500
19 Acacia Tortilis (Umbrella Thorn)	18,480	17,160	29,500	0.500
20 Acer Rubrum (Red Maple)	18,545	17,225	29,500	0.500
21 Albizia Falcataria (Batai, Malucca Albizia, Placata)	18,100	16,780	29,500	0.500
22 Albizia Lebbek (Lebbek, East Indian Walnut Tree)	21,840	20,520	29,500	0.500
23 Albizia Procera (Albicia, Silver Bark Rain Tree)	19,700	18,380	29,500	0.500
24 Alnus Nepalensis (Nepal Alder)	17,150	15,830	29,500	0.500
25 Alnus Rubra (Red Alder)	19,320	18,000	29,500	0.500
26 Alnus Rubra (Red Alder)	18,545	17,225	29,500	0.500
27 Alstonia Macrophylla (Devil Tree)	19,200	17,880	29,500	0.500
28 Anogeissus Latifolia (Axle-Wood Tree, Dhausa (Hindi))	20,580	19,260	29,500	0.500
29 Anthocephalus Cadamba (Labula (Indonesia))	19,350	18,030	29,500	0.500
30 Antidesma Ghaessimbilla	19,100	17,780	29,500	0.500

Tabla 5. Poder calorífico de maderas utilizadas como combustible
Nota: Portal de Clean Cooking Alliance. Consultado en <https://cleancooking.org>

La tabla 5 presenta las características físicas y químicas de las especies de árboles utilizadas para leña en diferentes partes del mundo. Se verificó la existencia de las especies de árbol de popistle, guácima, palo blanco, palo de agua y garrochillo; después de comprobar que estas no existen en la tabla, se realizó trabajo en laboratorio para conocer las características de poder calorífico superior, porcentaje de humedad, porcentaje de cenizas y porcentaje de materia volátil.

Se realizaron pruebas de humedad, porcentaje de materia volátil, porcentaje de cenizas y determinación del poder calorífico superior de las 5 especies leñosas en el Laboratorio de Investigación y Evaluación en Bioenergía (LINEB) que se encuentra en el campus de Morelia de la Universidad Nacional Autónoma de México, en el periodo del 19 al 30 de septiembre de 2022.

Durante la estancia se utilizaron los siguientes equipos de laboratorio:

Dispositivo	Características
	<p>Equipo: Balanza digital Marca: Ohaus Modelo: Explorer</p>
	<p>Equipo: Tamizador Marca: Ecoshell Modelo: Eco-wqs</p>

Figura 32. Equipos utilizados en el laboratorio
 Nota: Laboratorio de Innovación y Evaluación en Bioenergía

Dispositivo	Características
	<p>Equipo: Horno de secado Marca: Novatech Modelo: HS60-ED</p>
	<p>Equipo: Mufla Marca: Novatech Modelo: MD-20</p>
	<p>Equipo: Calorímetro Marca: Parr Modelo: 6100</p>

Figura 33. Equipos utilizados en el laboratorio (continuación)
Nota: Laboratorio de Innovación y Evaluación en Bioenergía

Como primer paso se molieron y se tamizaron las 5 muestras de biomasa forestal y se identificaron con la siguiente nomenclatura: M1, M2, M3, M4 y M5 correspondiente a madera de garrochillo, guácima, palo de agua, palo blanco y popistle, respectivamente; cada muestra se dividió a su vez en 2 sub muestras. Una de ellas para efectuar el análisis químico de proximales mismo que se realizó en este laboratorio y la otra, para efectuar el análisis químico elemental realizado en el Laboratorio Nacional de Innovación Ecotecnológica para la Sustentabilidad (LANIES) de la UNAM.

Para conocer el porcentaje de humedad de las muestras M1, M2, M3, M4 y M5 se utilizó el método gravimétrico de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 18134-1:2016; de cada una de las muestras M1 a M5 se tomaron 3 muestras con una masa de 1 gramo (aproximado) mismas que fueron pesadas utilizando para ello la balanza digital (figura 32), estas muestras se depositaron en 15 cápsulas de porcelana. Posteriormente se colocaron dentro del horno de secado a una temperatura de 103° centígrados. Después de retirarles la humedad, las cápsulas se pesaron. Para conocer el porcentaje de humedad de las muestras se utilizó la siguiente ecuación:

$$ch = (m_1 - m_2) / m_1 \times 100 \quad (2.3)$$

Donde:

ch = porcentaje de humedad m_1 = masa de muestra húmeda (g) m_2 = masa de la muestra seca (g)

La información se capturó en una hoja de cálculo que tiene precargada la ecuación (2.3), para determinar el porcentaje de humedad (ver tabla 6).

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD RG-1181										
Muestra	n	Peso del capsula	Peso de la muestra húmeda	Primer pesado	Peso de la muestra seca (1er)	Segundo pesado	Peso de la muestra seca (2do)	% Humedad (primera)	% Humedad (segunda)	Desviación estándar
Garrochillo	1	55.75833	1.06138	56.71017	0.95184	56.71238	0.95405	10.3205261	10.1123066	0.06517671
	2	58.80096	1.01727	59.71258	0.91162	59.71474	0.91378	10.3856400	10.1733070	
	3	45.32127	1.08215	46.29085	0.96958	46.29258	0.97131	10.4024396	10.2425727	
Guácima	1	53.79943	1.13451	54.78533	0.98590	54.78217	0.98274	13.0990472	13.3775815	0.06056385
	2	51.09140	1.01594	51.97414	0.88274	51.97266	0.88126	13.1110105	13.2566884	
	3	47.73442	1.10270	48.69168	0.95726	48.69020	0.95578	13.1894441	13.3236601	
Palo de agua	1	58.82025	1.06051	59.78364	0.96339	59.78186	0.96161	9.15785801	9.32570178	0.13332118
	2	48.19322	1.21083	49.28762	1.09440	49.28791	1.09469	9.61571814	9.59176763	
	3	55.59944	1.15760	56.64685	1.04741	56.64737	1.04793	9.51883207	9.47391154	
Palo blanco	1	52.88905	1.27765	54.02736	1.13831	54.01673	1.12768	10.9059602	11.7379564	0.09508647
	2	57.57150	1.08973	58.54453	0.97303	58.53207	0.96057	10.7090747	11.8524772	
	3	59.08024	1.11911	60.07843	0.99819	60.06882	0.98858	10.8050147	11.6637328	
Popistle	1	58.20530	1.05611	59.08291	0.87761	59.07445	0.86915	16.9016485	17.7027014	0.19356437
	2	55.09766	1.18202	56.07616	0.97850	56.06639	0.96873	17.2179828	18.0445339	
	3	56.57685	1.11965	57.50503	0.92818	57.49814	0.92129	17.1008797	17.7162506	

Tabla 6. Hoja de cálculo para determinación de humedad
Nota: Laboratorio de Innovación y Evaluación en Bioenergía

Para conocer el porcentaje de ceniza de las muestras M1, M2, M3, M4 y M5 se utilizó el método gravimétrico de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 18122:2016; de cada una de ellas se tomaron 3 muestras con una masa de 1 gramo (aproximado) mismas que fueron pesadas utilizando para ello la balanza digital (figura 32), estas muestras se depositaron en 15 crisoles metálicos. Posteriormente se colocaron dentro de la mufla marca Novatech (figura 33) para su tratamiento térmico a una temperatura de 250° centígrados por espacio de 40 minutos. Pasado este tiempo la temperatura de la mufla se modificó a 600° centígrados. Esta temperatura se mantuvo por un espacio de tiempo de 1 hora. Los crisoles se colocaron en el almacén de cápsulas para que se atemperaran; después se pesaron nuevamente. Para el cálculo del porcentaje de cenizas se utilizó la siguiente ecuación:

$$cc = (m_3 - m_1) / (m_2 - m_1) \times 100 \times 100 / (100 - ch) \quad (2.4)$$

Donde:

cc = Porcentaje de ceniza

m1 = Masa de la cápsula (g)

m2 = Masa de la cápsula + masa de la muestra (g)

m3 = Masa de la cápsula + masa de la muestra deshidratada (g)

ch = Porcentaje de humedad

La información se capturó en la hoja de cálculo que tiene precargada la ecuación (2.4), para conocer el porcentaje de ceniza (ver tabla 7).

DETERMINACIÓN DE CENIZA						
Muestra	N	Peso del crisol	Peso de la muestra	Peso de crisol+ceniza	Peso seco	% Ceniza
Garrochillo	1	38.03878	1.02342	38.05918	0.919276145	2.22
	2	44.06716	1.15414	44.09385	1.036693997	2.57
	3	40.47162	1.22319	40.49658	1.098717426	2.27
Guacima	1	42.31681	1.03826	42.40495	0.899970932	9.79
	2	35.33481	1.14984	35.36881	0.996689246	3.41
	3	42.12927	1.08638	42.15891	0.941681680	3.15
Palo de agua	1	25.70115	1.02841	25.74035	0.931083400	4.21
	2	24.86550	1.06251	24.90466	0.961956246	4.07
	3	35.93220	1.17162	35.97559	1.060740301	4.09
Palo blanco	1	25.74567	1.01430	25.75962	0.895105663	1.56
	2	25.58012	1.02364	25.59434	0.903348084	1.57
	3	25.66205	1.17252	25.67814	1.034732616	1.55
Popistle	1	25.60883	1.03808	25.62188	0.853082082	1.53
	2	25.77291	1.08772	25.78633	0.893875657	1.50
	3	25.67143	1.03911	25.67917	0.853928524	0.91

Tabla 7. Hoja de cálculo para determinación de porcentaje de ceniza
Nota: Laboratorio de Innovación y Evaluación en Bioenergía

Para determinar el contenido de materia volátil de las muestras M1, M2, M3, M4 y M5 se utilizó el método gravimétrico de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 18123:2016; de cada una de ellas se tomaron 3 muestras con una masa de 1 gramo (aproximado) mismas que fueron pesadas utilizando para ello la balanza digital (figura 32), estas muestras se depositaron en 15 crisoles de porcelana con tapa. Posteriormente se colocaron dentro de la mufla marca Novatech (figura 33) para su tratamiento térmico a una temperatura de 900° centígrados por espacio de 5 minutos. Los crisoles se colocaron en el almacén de capsulas para que se atemperaran; después se pesaron nuevamente. Para el cálculo del porcentaje de materia volátil, se utilizó la siguiente ecuación:

$$mv = (100(m_1 - m_2 / m_1) - Mad) * (100 / 100 - m_{ad}) \quad (2.6)$$

Donde:

mv = Porcentaje de materia volátil

m₁ = Masa de la muestra (g)

m₂ = Masa de la muestra después de la pirolisis (g)

m_{ad} = Porcentaje de humedad de la muestra.

La información se capturó en la hoja de cálculo que tiene precargada la ecuación (2.6), para conocer el porcentaje de material volátil (ver tabla 8).

DETERMINACIÓN DE MATERIA VOLÁTIL

Muestra	N	Peso de crisol + tapa	Muestra	Peso final	Materia final	materia volatil preliminar	MV - Promedio	R - promedio	% Material Volatil
Garrochillo	1	67.47681	0.97322	67.61102	0.13421	86.21	76.03363	1.11328898	84.6474062
	2	67.23093	0.92996	67.35944	0.12851	86.18	76.00506	1.11328898	84.6156000
	3	70.56273	0.98255	70.70841	0.14568	85.17	74.99721	1.11328898	83.4935690
Guacima	1	67.52163	1.00459	67.69383	0.1722	82.86	69.53937	1.15365948	80.2247521
	2	68.65588	0.91641	68.75958	0.1037	88.68	75.36479	1.15365948	86.9453096
	3	69.82005	0.99266	69.91341	0.09336	90.59	77.27566	1.15365948	89.1497946
Palo de agua	1	69.98668	0.99384	70.12722	0.14054	85.86	76.39510	1.10453049	84.3807137
	2	70.99819	1.13156	71.16430	0.16611	85.32	75.85647	1.10453049	83.7857861
	3	64.18933	1.08349	64.35961	0.17028	84.28	74.82033	1.10453049	82.6413302
Palo blanco	1	73.66093	1.16797	73.83697	0.17604	84.93	73.17631	1.13316231	82.9206321
	2	61.65816	1.01976	61.78185	0.12369	87.87	76.11929	1.13316231	86.2555066
	3	62.46947	0.99121	62.59183	0.12236	87.66	75.90410	1.13316231	86.0116686
Popistle	1	63.79305	1.07121	63.96052	0.16747	84.37	66.54512	1.21685829	80.9759751
	2	67.47956	1.03786	67.64026	0.16070	84.52	66.63582	1.21685829	81.0863543
	3	70.20453	1.04935	70.36683	0.16230	84.53	66.81703	1.21685829	81.3068589

Tabla 8. Hoja de cálculo para determinación de porcentaje de materia volátil
Nota: Laboratorio de Innovación y Evaluación en Bioenergía

Para determinar el poder calorífico superior de la biomasa forestal se tomó como base la norma UNE-EN ISO 18125:2018; se tomaron 3 muestras de 0.5 gramos de M1, M2, M3, M4 y M5. Las muestras se prepararon usando ácido benzoico y el polvo de la madera, la mezcla se compactó en una prensa mecánica para formar una pastilla que se colocó dentro de una bomba a presión constante. Al calorímetro se introducen como datos de entrada el poder calorífico del ácido benzoico de 26.454 MJ/kg. Una vez preparada la muestra se teclea en la pantalla del calorímetro la masa de la madera (gramos) y la masa (gramos) del ácido benzoico.

Etapas 4. Estimación del potencial energético de la biomasa forestal del ejido

Después de revisar la literatura científica con relación a nuestro tema de investigación, se determinó que podemos establecer el uso de la ecuación 2.7 para calcular el potencial energético total de la biomasa forestal en el ejido La Reforma:

$$PET = \sum_{i=1}^n (df) \frac{(\pi)}{4} (D^2) (Fu) (dm) (PCS) (S) \quad (2.7)$$

Donde:

PET= Potencial Energético total (KJ)	dm = densidad de la madera (kg/m ³)
df = densidad forestal (núm. de árboles por hectárea)	PCS = Poder calorífico superior (kJ/kg)
D = diámetro del árbol (m)	S = Superficie (Ha)
Fu = fuste o longitud del tronco (m)	i = número de especies de árboles

A manera de conclusión

Se considera de suma importancia conocer las características ambientales, sociales y económicas de la zona de estudio, así como las necesidades energéticas de la población pues ello nos permitió identificar las fuentes de energía renovable que tienen presencia en el territorio y a través de la aplicación del proceso metodológico se acotó que la biomasa forestal es una fuente de energía calorífica que satisface su principal necesidad energética, la cocción de alimentos. Adicionalmente las pruebas de laboratorio de las especies de biomasa forestal que prefieren los pobladores nos permiten identificar dos especies de árboles idóneos para uso como leña ya que tienen un excelente poder calorífico, muy buen porcentaje de materia volátil y generan un mínimo de ceniza.

Capítulo III. Resultados

En este capítulo se presentan los resultados de la encuesta de necesidades energéticas y los resultados de laboratorio; se realizó el análisis de la información recopilada, se tomaron en cuenta criterios sociales, económicos y ambientales para determinar que la principal necesidad energética de los pobladores es el uso de leña como combustible para la cocción de alimentos y para calentar agua.

Con relación al análisis del potencial energético de la biomasa forestal existente en la comunidad se tomaron en cuenta los resultados del cálculo del potencial energético de la biomasa, así como la energía consumida por el ejido durante un año, se llegó a la conclusión que los pobladores cuentan con una reserva de leña equivalente a cinco años.

3.1 Interpretación del mapa de uso de suelo

El tipo de vegetación predominante en el ejido La Reforma es pastizal natural formada por árboles de garrochillo, guácima, palo de agua, palo blanco, popistle, zapote, guachi, chicle, cedro entre otros, en tanto que la vegetación secundaria la forman arbustos y hierbas; en cuanto a los tipos de agro sistemas existe una inclinación por la agricultura de temporal. La plantación agrícola está conformada por cultivos de maíz, frijol, jitomate y chile.

3.2 Resultados de la encuesta de necesidades energéticas

La información registrada en los formatos de la encuesta se capturó en una base de datos en Excel. Se procesaron los datos y se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 9:

VARIABLE	DATO
Jefes de familia, Hombres	20
Jefes de familia. Mujeres	3
Promedio de edad del jefe de familia	55 años
Promedio de ocupantes por vivienda	4
Ingreso promedio mensual	\$ 4,674.00
Gasto en energía eléctrica (bimestral)	\$ 200.00
Gasto en gas LP mensual	\$ 320.00
Número de viviendas que cuentan con energía eléctrica.	23
Número de viviendas con estufa de gas LP	14
Consumo promedio de leña (semanal)	1.39 tercios

Tabla 9. Resultados de la encuesta de necesidades energéticas

Nota: Elaboración propia

Las respuestas de las amas de casa a la pregunta: ¿Si usted tuviera la oportunidad de mejorar su condición de consumo de energía en su hogar, que mecanismo le gustaría usar para preparar sus alimentos?, se presentan en la tabla 10.

Sistema energético	Preferencia
Estufas de gas	6
Parrilla eléctrica	6
Estufa ahorradora de leña	6
Estufa ecológica con secador de productos	2
Calentador solar	1
Otro	2

Tabla 10. Respuesta de la pregunta prospectiva de las amas de casa
Nota: Elaboración propia

Como resultado de la encuesta aplicada se tiene que el 100% de las viviendas cuentan con energía eléctrica, misma que utilizan para iluminación. El 60.87 % de las viviendas tienen estufa de gas LP que utilizan para la cocción de alimentos. Un 39.13 % de las viviendas utilizan leña para la cocción de alimentos y para calentar agua para bañarse.

El ingreso promedio mensual del jefe de familia es de \$ 4,674.00 pesos de los cuales destinan: \$ 200.00 pesos en pago de energía eléctrica de forma bimestral, \$ 320.00 pesos en gasto por concepto de gas LP correspondiente aproximadamente a 10 kilos. Las familias que compran leña utilizan \$ 1,500.00 pesos. En tres viviendas encuestadas, el jefe de familia es una ama de casa, lo que refiere a que los hombres son los encargados de la recolección y del cortado de la leña en trozos.

De los jefes de familia, el 73.91% se dedica a la agricultura, el 13.04% son amas de casa, un 8.70% se dedica a la albañilería y un 4.35% se dedica a la seguridad pública o bien trabaja para el gobierno municipal.

Se preguntó a las amas de casa, ¿si pudieras adquirir un sistema energético para tu cocina que utilizarías?: 26.08 % respondió que desearían tener una estufa de gas, 26.08 % respondió que quisieran tener una parrilla eléctrica, 26.08 % se inclinó por una estufa ahorradora de leña, 8.70 % por una estufa ecológica con secador de productos y un 8.70% desearía contar con un calentador solar, finalmente un 4.35 % se inclinó por otro equipo. Con lo anterior podemos resaltar que un 43.48 % de las amas de casa, se inclinan por el uso de sistemas energéticos renovables para la cocción de alimentos y para calentar agua para bañarse.

3.3 Caracterización de la biomasa forestal

Las pruebas experimentales se realizaron en el Laboratorio de Innovación y Evaluación en Bioenergía (LINEB) perteneciente al Instituto de Investigación de Ecotecnologías y Sustentabilidad (IIES) ubicado en el campus Morelia de la UNAM, durante la estancia académica realizada en el periodo del 19 al 30 de septiembre de 2022. Dicha estancia tuvo como propósito conocer las características físicas, químicas y energéticas de las especies de biomasa forestal que se estudian en este trabajo de investigación. Los resultados se presentan en la tabla 11.

Característica	Garrochillo M1	Guacima M2	Palo de agua M3	Palo Blanco M4	Popistle M5
% de humedad	10.18	13.32	9.46	11.75	17.82
% de ceniza	2.36	3.28	4.12	1.56	1.52
% de materia volátil	84.25	88.05	83.6	86.13	81.12
Análisis elemental					
% Nitrógeno	0.3263	0.4767	0.3901	0.2575	0.5346
% Carbono	43.1296	42.1653	42.1510	44.0450	42.7121
% Hidrógeno	5.3494	5.2415	5.3950	5.5850	5.2697
% Azufre	0.1248	0.0447	N.D	N.D	N.D
Poder Calorífico Superior (kJ/kg)	18,776.8	18,851.4	18,372.7	19,572.7	19,911.1

Tabla 11. Características físicas, químicas y energéticas de las especies de biomasa forestal
Nota: Laboratorio de Innovación y Evaluación en Bioenergía

Las características químicas y energéticas principales las explicaremos a través de gráficas, en la figura 34 se presentan los resultados de las pruebas de poder calorífico aplicadas a las especies de biomasa forestal, como se observa las 5 especies presentan un excelente poder calorífico, mayor a 18,000 kJ/kg, las especies idóneas en este rubro son el popistle y el palo blanco.

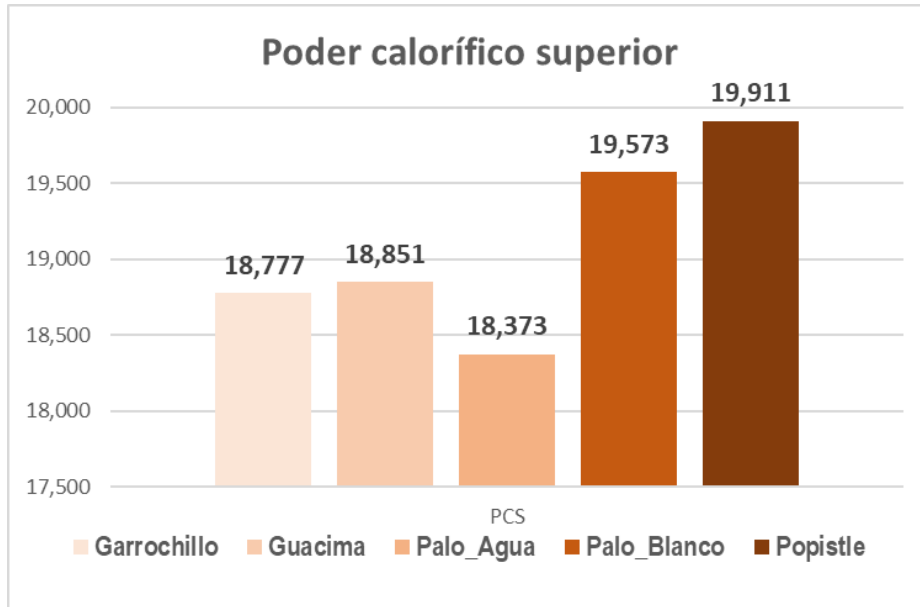


Figura 34. Resultados de las pruebas de poder calorífico superior
 Nota: Laboratorio de Innovación y Evaluación en Bioenergía

En la figura 35 se presentan los resultados de las pruebas correspondientes al contenido de humedad, de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 18134-1: 2016, la biomasa forestal debe tener como máximo un porcentaje del 15% de humedad. Para ello las especies de biomasa cumplen con este requisito a excepción de la madera de popistle que presentó un 17.82%.

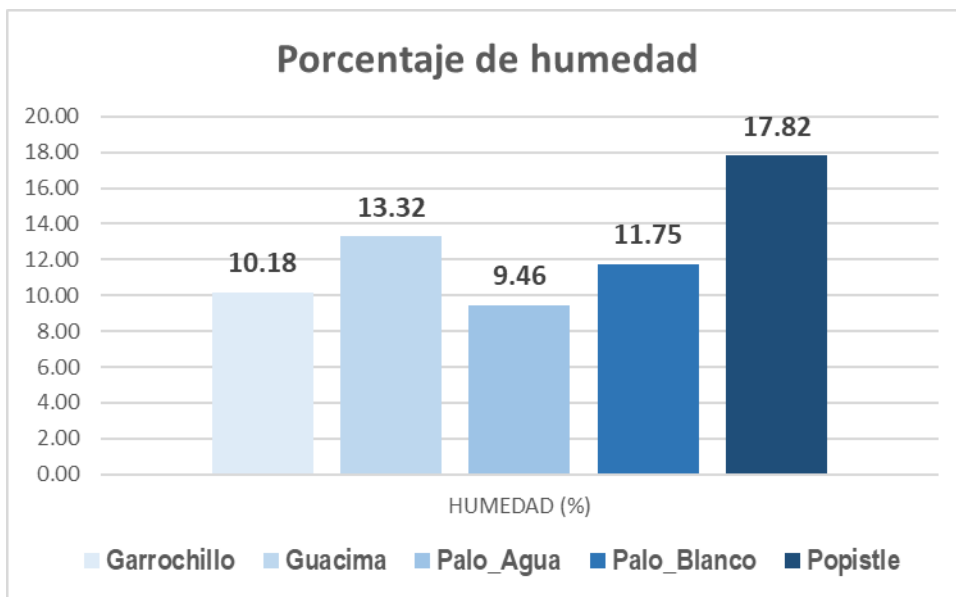


Figura 35. Resultados de las pruebas de porcentaje de humedad
 Nota: Laboratorio de Innovación y Evaluación en Bioenergía

En la figura 36 se pueden ver los resultados correspondientes al porcentaje de ceniza, las 5 especies presentan porcentajes aceptables, se recomienda que la biomasa genere un porcentaje mínimo de ceniza, en este sentido las especies de popistle y palo blanco cumplen muy bien.

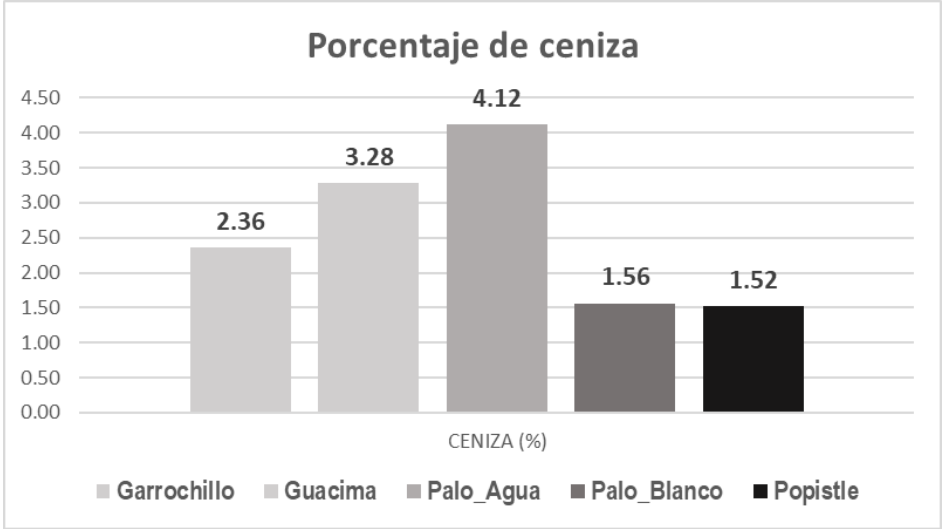


Figura 36. Resultados de las pruebas de porcentaje de ceniza
 Nota: Laboratorio de Innovación y Evaluación en Bioenergía

En la figura 37 se puede apreciar el resultado del porcentaje de materia volátil, las 5 especies presentan un comportamiento muy bueno en esta característica (>80%) las especies idóneas son la guácima y el palo blanco.

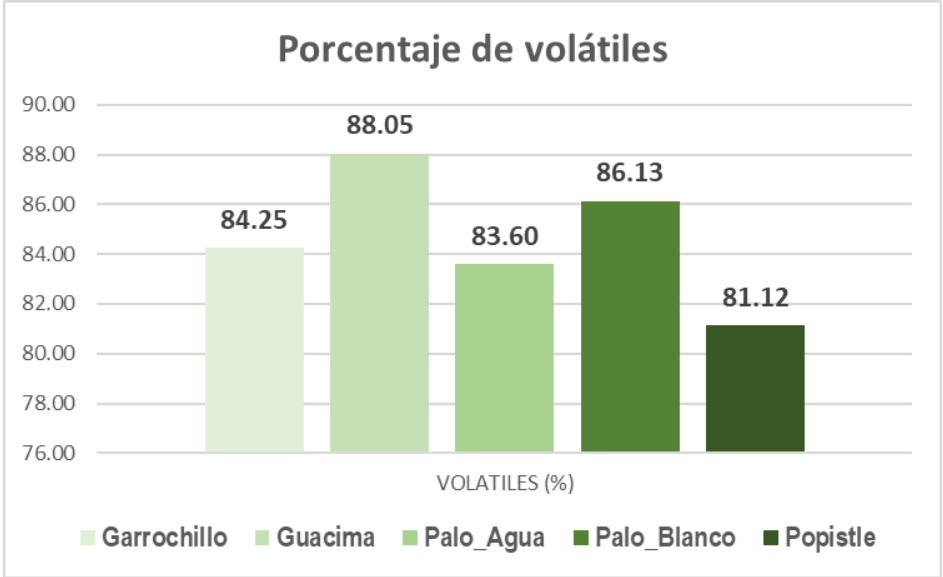


Figura 37. Resultados de las pruebas de porcentaje de materia volátil
 Nota: Laboratorio de Innovación y Evaluación en Bioenergía

3.4 Cálculo del consumo de leña por habitante.

Para obtener el consumo de leña por persona, en campo se consiguió una muestra de un tercio de leña de palo blanco, se pesó utilizando una báscula digital y se obtuvo una masa de 44.02 kg. El resultado de la encuesta nos dice que las familias consumen 1.39 tercios a la semana, un resultado adicional muestra que habitan 4 personas por vivienda.

Consumo por familia = $(1.39 \times 44.02 \text{ kg}) / 7 \text{ días} = 8.74 \text{ kg/día}$

Consumo por persona = $(8.74 \text{ Kg/día}) / 4 = 2.18 \text{ Kg/día/habitante}$

Consumo anual = $(2.18 \text{ Kg/día/hab} \times 702 \text{ hab} \times 365 \text{ días})/1000 = 558.5 \text{ Ton}$

Consumo de Energía = $(558,581.4 \text{ kg} \times 19,573 \text{ kJ/kg})/1000 = 10,933,133 \text{ MJ} = 10.93 \text{ TJ}$

Nota: El poder calorífico de 19,573 kJ/Kg corresponde a la leña de palo blanco.

El consumo de leña promedio por habitante fue de 2.18 Kg al día; este consumo es muy parecido al consumo de leña promedio de 2.1 Kg/día/habitante, presentado en la revista “Bioenergía en México: estudios de caso no. 1, 2010”, página 13. Lo que brinda certeza a nuestros cálculos (Prehn, M. y Cumana, I.,2010). Ver figura 38.

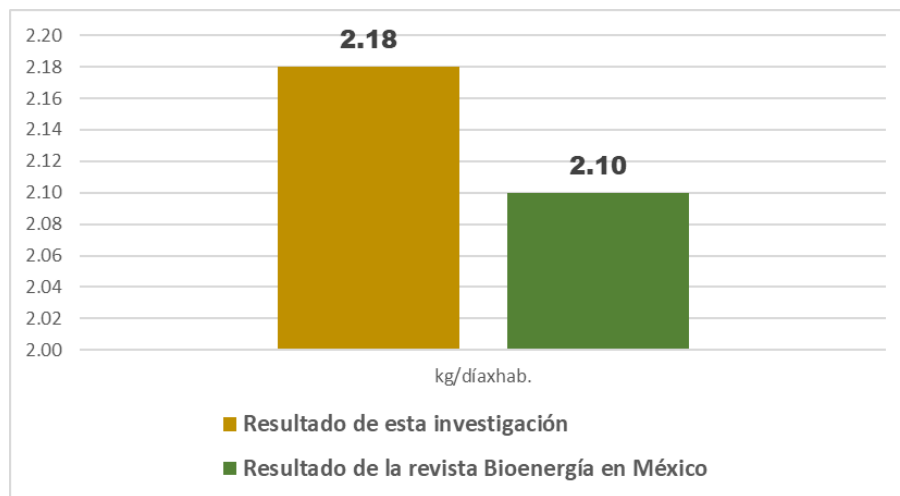


Figura 38. Consumo de leña por habitante
Nota: Revista Bioenergía en México.

3.5 Estimación del potencial de la biomasa forestal del ejido

Con los datos de consumo de leña por parte de los pobladores de la comunidad La Reforma, se definió que utilizan 558.5 toneladas de leña anualmente para la cocción de alimentos y para calentar agua para aseo personal. Lo que representa un consumo anual de 10.93 TeraJoule.

Los cálculos del potencial energético de cada una de las especies estudiados en esta investigación se presentan en la tabla 12:

NOMBRE COMUN	DENSIDAD FORESTAL	DIAMETRO (m)	FUSTE (m)	DENSIDAD (kg/m ³)	PODER CALORÍFICO SUPERIOR	SUPERFICIE (Ha)	POTENCIAL TOTAL (kJ)
Guasima	6	1.160	2.36	589	18,851	75	12,471,805,821.6
Popistle	35	0.400	3.46	589	19,911	75	13,395,714,391.5
Palo de agua	15	0.720	5.03	692	18,373	75	29,286,932,122.8
Garrochillo	13	0.470	3.65	589	18,777	75	6,833,764,575.0
Palo blanco	40	0.400	3.98	605	19,573	75	17,774,637,157.1
Potencial (KJ)							79,762,854,068.0
P. Biomasa (TJ)							79.76

Tabla 12. Cálculo del potencial energético total de la biomasa forestal del ejido La Reforma

Densidad correspondiente a la especie de Garrochillo

Nota: Elaboración propia

De la tabla 12 se puede comentar: con base en el potencial energético total de 79.76 TeraJoule y el consumido por la población conformada por 702 habitantes fue de 10.93 TeraJoule, la población dispone de combustible por espacio de 7 años, sin embargo, la cultura de los ejidatarios de reservar un espacio para el acahual y dedicarse a la recolección de leña asociado a la reforestación de estas especies de árboles da como resultado que los pobladores tengan de forma permanente leña para uso como combustible para la cocción de alimentos.

3.6 Análisis socioambiental

De acuerdo con la encuesta de necesidades energéticas aplicada a un 13% de las viviendas del ejido La Reforma, se encontró que la necesidad energética apremiante es el uso de combustible para la cocción de alimentos. El ingreso mensual del jefe de familia es en promedio de \$ 4,674 pesos de los cuales utilizan en gasto para el pago de energía eléctrica \$ 100 pesos, las viviendas que cuentan con estufa de gas LP tienen un gasto promedio de \$ 320 pesos por este concepto. Por lo tanto, las familias destinan unos \$ 4,254 pesos para la alimentación de 4 integrantes de la misma. Como se puede observar el recurso económico para la compra de equipos como hornos de microondas, parrillas eléctricas viene siendo nulo.

La leña es un combustible económico que cubre la necesidad del 39% de la población que no cuenta con una estufa de gas LP; la leña se consigue de forma local, es renovable y satisface la necesidad de combustible de las personas que viven en estatus de pobreza. La distancia promedio que recorren los jefes de familia hombres (87%) para recolectar la leña es de aproximadamente unos 4 km, corresponde a la distancia que existe desde la vivienda hasta el acahual. En esta comunidad son los hombres los encargados de la recolección, secado y corte de la leña en trozos. De acuerdo con la encuesta realizada el 13% de los jefes de familia son mujeres, ellas compran la leña que utilizan como combustible, gastan en promedio unos \$ 1,500 pesos cada tres meses.

Las amas de casa del ejido La Reforma tienen preferencia por la leña de árboles de guácima, garrochillo, palo de agua, palo blanco y popistle para su uso como combustible para la cocción de alimentos. De acuerdo con el trabajo de campo que se realizó en el ejido La Reforma, la densidad forestal (número de árboles por hectárea) de las especies mencionadas son 6, 13, 15, **35** y **40**, respectivamente. Como puede observarse los árboles que más presencia tienen son **el palo blanco y el popistle**.

De acuerdo con las características químicas y energéticas de la leña. Se llegó a determinar en laboratorio que las especies de árboles de **popistle y palo blanco** son las maderas más idóneas para uso como leña, ya que entre otras características poseen un excelente poder calorífico (19,911 kJ/kg y 19,573 kJ/kg), presentan un porcentaje muy bueno en lo correspondiente a materia volátil (81% y 86%) además generan un porcentaje mínimo de cenizas (1.52% y 1.56%) lo que implica menos horas en la limpieza de fogones y hornos.

Por todo lo señalado anteriormente se sugiere que las amas de casa utilicen la leña de los árboles de **popistle** y **palo blanco** ya que predominan en esta región del estado de Chiapas asociado a que los resultados de laboratorio presentan características energéticas y químicas excelentes para el uso de esta biomasa forestal como combustible para la cocción de alimentos; se contribuye de esta forma con la renovación de la biomasa forestal de la reserva arbórea lo que permite un desarrollo sustentable del ejido La Reforma.

Conclusiones

La comunidad de La Reforma acepto realizar mi trabajo de investigación porque es una población abierta al cambio es una comunidad unida que busca prosperar con base en el trabajo en equipo. Mi experiencia fue por demás enriquecedora, me relacioné con las personas de la comunidad, son personas muy amables, trabajadoras, entusiastas. Por mi formación como ingeniero y por mi experiencia laboral no había tenido la oportunidad de trabajar con personas y tratarlas en sus viviendas en su quehacer cotidiano, esta experiencia me permitió acercarme a la gente.

La importancia de este estudio para la comunidad es valiosa ya que se identificaron las especies de leña idóneas para la cocción de alimentos aunado a que en la mayoría de las viviendas la cocina se encuentra al exterior lo que conlleva menos afectaciones en la salud de las amas de casa y los niños. La investigación nos permitió identificar las cinco especies leñosas que prefieren las amas de casa del ejido La Reforma para uso como combustible para la cocción de alimentos. De las cinco especies estudiadas se llegó a determinar que las especies de árboles de popistle (*blepharidium guatemalense*) y palo blanco (*guarea grabla*) son idóneas para uso como leña. Se tomó en cuenta la abundancia de estas especies en el ejido La Reforma asociado a un análisis químico y energético que se realizó en laboratorio; las especies señaladas presentan un alto contenido en materia volátil (> 80%), bajo contenido de cenizas (< 1.8%) y excelente poder calorífico (> 19,500 kJ/kg).

Los objetivos general y específicos de este trabajo se cumplieron en su totalidad, pues la encuesta nos permitió identificar la necesidad energética y las condiciones socioeconómicas de la población. La elaboración del mapa de uso de suelo y la entrevista sirvieron para conocer las características ambientales del territorio y se identificaron las especies de árboles preferidos por los pobladores para leña. Finalmente, con los resultados de las pruebas de laboratorio se pudo estimar el potencial energético de la biomasa forestal del ejido La Reforma.

La hipótesis planteada se cumplió completamente toda vez que la experiencia de los pobladores nos permitió identificar 5 especies de biomasa forestal que prefieren como leña ya que a decir de las amas de casa tienen un buen poder de cocción, generan menos humo y producen poca ceniza, las pruebas de laboratorio corroboran esta información.

El llevar a cabo este estudio nos permitió conocer las características físicas, químicas y energéticas de la biomasa forestal endémica de esta región del estado de Chiapas. Las limitaciones del presente trabajo consisten en que no se analizó la importancia de utilizar fogones en espacios abiertos, así como realizar un análisis de los gases resultado de la oxidación de la leña que representa una problemática de salud para las amas de casa y los niños.

Esta investigación reconoce las necesidades energéticas que tiene la población del ejido La Reforma que cuenta con una población de 702 personas. Los resultados de la encuesta aplicada a 23 viviendas habitadas con servicios, nos permiten conocer las condiciones económicas y sociales de sus pobladores. La encuesta nos presenta que el 74 % de los jefes de familia que se dedican a la agricultura no requieren de energía eléctrica para realizar sus actividades ya que laboran en la agricultura de temporal pues en la región llueve frecuentemente. En el rubro del uso de la energía en el hogar se precisó que el uso de energía calorífica para la cocción de alimentos representa la necesidad más importante. El 61% de las viviendas encuestadas cuentan con estufa de gas que combinan con el uso de fogones. Mientras que un 39% de las viviendas sólo utiliza fogones para cocinar.

Para que la comunidad presente un desarrollo sustentable se requiere del apoyo en infraestructura para que las viviendas que no cuentan con estufa de gas se les proporcionen estufas ecológicas. Estas permitirán el ahorro de leña lo que contribuiría a tener un desarrollo sustentable de la comunidad.

Recomendaciones

Se recomienda para trabajos futuros, se realicen pruebas de laboratorio de la leña de las maderas de **popistle y palo blanco** utilizando estufas ahorradoras de leña conocidas también como estufas ecológicas para medir el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, el material particulado ($PM_{2.5}$) entre otros parámetros y con base en los resultados recomendar el uso de aquellas especies de madera que generan menos aerosoles ya que son estos los causantes de enfermedades pulmonares de las personas expuestas al humo de la leña.

Para realizar las pruebas mencionadas se recomienda el uso de la estufa ecológica de doble combustión desarrollada en el Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (IIER-UNICACH), la estufa tiene una eficiencia térmica de 20.9% y presenta un ahorro de leña del 35% comparada con un fogón tradicional (Arreola, 2022). Aunado a lo anterior los gases generados por la combustión se mantienen por debajo de los límites permisibles recomendados por la Organización Mundial de la Salud y la Asociación Europea de Ventilación y Calefacción.

Referencias bibliográficas

Abubakar, H.D. (2019). Assessment of factors influencing firewood consumption in Bauchi state, Nigeria. *Revista de ciencia y gestión de la sostenibilidad*. Vol. 14, Núm. 1, febrero de 2019, pp. 99-109. <https://jssm.umt.edu.my/wp-content/uploads/sites/51/2019/05/bab-8-14.1.pdf>

Alemán Nava, G.S., Casiano Flores, V.H., Cárdenas Chávez, D. L., Díaz Chávez, R., Scarlat, N., Mahlkech, J., Dallemand, J.F. y Parra, R. (2014). Renewable energy research progress in México: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, pp. 140-153. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114000148>

Aparicio Mijares, Francisco Javier. (1992). Fundamentos de hidrología de superficie. Primera reimpresión. Editorial Limusa.
http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/adamoren/HIDRO/Fundamentos_de_hidrologia_de_superficie_-_Aparicio.pdf

Arias C. T. (2018). Situación actual y escenarios para el desarrollo de biocombustibles sólidos en México hacia 2024 y 2030. REMBIO/RTB. México.

Arreola Gómez, Christian I. (2022). Evaluación de una estufa ecológica de doble combustión implementando protocolos internacionales y locales. [tesis de licenciatura, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas]. Repositorio académico.

Ayala Morales, Brenda. (2018). Revisión de indicadores de sustentabilidad para energías renovables [tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional. <http://132.248.9.195/ptd2018/marzo/0772039/Index.html>

A.O. Avcioglu, M.A. Dayioglu, U. Turker (2019). Assessment of the energy potential of agricultural biomass residues in Turkey. *Renewable Energy*, Núm. 138, pp. 610-619. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148119300539>

Berrueta Soriano, Víctor M. (2007). Evaluación energética del desempeño de dispositivos para la cocción de leña. [tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional. <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/1933>

Blanco Guillen, Erick Alexander (2012). Estimación de la potencia eléctrica teórica disponible en el río Copinula. Jujutla, Ahuachapán. *Revistas Ing-Novación*. No. 4. 2012. <http://redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/1971/1/2-estimacion-de-la-potencia-electrica-teorica-disponible-en-rio-copinula-jujutla-ahuachapan.pdf>

Carta G., J.A., Calero P., R., Colmenar S., A. y Castro G., M.A. (2009). Centrales de energías renovables: generación eléctrica con energías renovables (1ª. Edición). Editorial Pearson Educación. (Original publicado en 2009).

Comisión Federal de Electricidad. Tarifas 1B. Consulta de datos del mes de noviembre de 2020.

<https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRECasa/Tarifas/Tarifa1B.aspx>

Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD) (1987). Nuestro futuro común, Informe Brundtland. ONU.

http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf

Comisión Reguladora de Energía. Historial de precios promedio al público de gas LP reportado por los distribuidores. Consulta de datos del mes de noviembre de 2020.

<https://www.gob.mx/cre/documentos/historial-de-precios-promedio-al-publico-de-gas-lp-reportados-por-los-distribuidores>

Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Enciclovida. Consultado el 29 de mayo de 2022. <https://enciclovida.mx>

Comisión Nacional Forestal. Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Datos del Inventario. Ciclo 2015-2020. Consultado el 29 de mayo de 2022.

<https://snmf.cnf.gob.mx/principaleindicadoresforestalesciclo-2015-2020/>

Clean Cooking Alliance. Protocolos. Consultado el 28 de mayo de 2022. <https://cleancooking.org/research-evidence-learning/standards-testing/protocols/>

Díaz, Rodolfo. (2000). Consumo de leña en el sector residencial de México: evolución histórica y emisiones de CO₂. [tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/108792>

Díez, Hernán y Pérez, Juan F. (2017). Caracterización fisicoquímica de leña representativa de especies utilizadas para cocinar en algunas regiones de Colombia. *Hindawi. International Journal of Chemical Engineering*, Vol. 2017, artículo ID 4531686, 13 páginas. <https://doi.org/10.1155/2017/4531686>

Dinesh K. Shahi, Hom Bahadur Rijal, Masanori Shukuya (2020). A study on household energy use patterns in rural, semi-urban and urban areas of Nepal base don field survey. *Energy & Buildings*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778819330543>

Flores Santos, Pedro H. (2017). Evaluación del potencial energético de la biomasa como fuente de energía en el ejido Adolfo Ruiz Cortines, Pueblo Nuevo, Durango. [tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Repositorio académico digital. <https://eprints.uanl.mx/14435/>

García Benítez, Marcelino. (24 de agosto de 2021). Conferencia virtual “Implicaciones de los estudios socioambientales en proyectos de energías renovables: una visión desde lo local”. Semana de divulgación de la ciencia y la ingeniería 2021. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

García-Frapolli, E., Schilman, A., Berrueta, V.M., Riojas-Rodríguez, H., Edwards, R.D., Johnson, M., Maser, O. (2010). Beyond fuelwood savings: valuing the economic benefits of introducing improved biomass cookstoves in the purépecha región of México. *Ecological Economics*, 69 (12), pp. 2598-2605. <https://sci-hub.ru/10.1016/j.ecolecon.2010.08.004>

García Hernández, Luis Salvador. (2016). Energía eólica y desarrollo sostenible en la región de la Rumorosa, municipio de Tecate. [tesis de maestría, Colegio de la Frontera Norte]. Repositorio institucional. <https://www.colef.mx/posgrado/tesis/20141175/>

González Carrillo, Alejandro; Ruiz Cabrera, Raziél; Hernández Escobedo, Quetzalcóatl; Fernández García, Aránzazu y Manzano Agugliaro, Francisco (2015). Evaluación del potencial energético del oleaje en la costa sur del Golfo de México. *Revista DYNA*, Vol. 82, núm. 193, pp. 49-55. <https://www.redalyc.org/pdf/496/49642141006.pdf>

Harris, Jonathan M. (2003). Sustainability and sustainable development. International society for ecological economics. Internet encyclopaedia of ecological economics. <https://isecoeco.org/pdf/susdev.pdf>

Insah Iddrisu, Subhes C. Bhattacharyya (2015). Sustainable Energy Development Index: A multi-dimensional indicator for measuring sustainable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 50, pp. 513-530. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.032>

Instituto Nacional de Energías Limpias (2016). Inventario Nacional de Energías Renovables. Consultado el 8 de octubre de 2021. <https://dgel.energia.gob.mx/inel/mapa.html?lang=es>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). Censo General de Población y Vivienda 2020. <http://www.inegi.org.mx>

Junemann Andrea y Legarreta Gabriela (2007). Inhalación de humo de leña, una causa relevante pero poco reconocida de enfermedad pulmonar obstructiva crónica. *Revista Argentina de medicina respiratoria*, No.2. pp. 51-57. http://www.ramr.org/articulos/volumen_7_numero_2/articulo_especial/articulo_especial_inhalacion_de_humo_de_lena_una_causa_relevante_pero_poco_reconocida.pdf

Kourí, Emilio (2015). La invención del ejido. *Revista Nexos*. Número 445, enero 1 de 2015. <https://www.nexos.com.mx/wp-content/uploads/2014/12/02-ejido-1.jpg>

Lambein, Jörg. (2017). Leña, humo y enfermedades respiratorias en los países en desarrollo: el papel desatendido de la cocina al aire libre. *PLoS ONE* 12(6): e0178631. <https://doi.org/10.1371/journal.telefono.0178631>

Martínez Aguirre, Oscar. (2016). Desarrollo de un laboratorio y una metodología para la evaluación de estufas ecológicas. [tesis de maestría, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas]. Repositorio académico. <http://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/705>

Masera, Omar (1993). Sustainable fuelwood use in rural Mexico, Volume I: Current patterns of Resource Use. *Energy and environment Division, Lawrence Berkeley Laboratory, California*.
https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc1278484/m2/1/high_res_d/10120679.pdf

Morales Ramos, Alejandra C., Pérez Figueroa, Maricela, Pérez Gallardo, Jorge R. y De león Almaraz, Sofía. (2017). Energías renovables y el hidrogeno: un par prometedor en la transición energética de México. *Investigación y ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. núm. 70, pp. 92-101. <https://www.redalyc.org/pdf/674/67451351012.pdf>

Ojeda Camargo Edgar, Candelo Becerra John E. y Silva Ortega Jorge I. (2017). Caracterización de los potenciales de Energía Solar y Eólica para la integración de proyectos sostenibles en comunidades indígenas en la Guajira Colombia. *Revista Espacios*, Vol. 38, núm. 37, Año 2. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/3288>

Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (2007). Estudios de política rural: México. http://centro.paot.org.mx/documentos/sagarpa/estudio_de_ocde.pdf

Perevochtchikova, María. (2013). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. *Gestión y política pública*, Vol. XXII, número 2, 2º semestre. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792013000200001

Prehn, Manuela y Cumana, Iván. (2010). La bioenergía en México: Estudios de caso No. 1, 2010. *Cuadernos temáticos sobre Bioenergía*. núm. 1. <https://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2020/12/CT1.pdf>

PROMÉXICO (2014). Trade and Investment. Negocios. The new mexican energy model. México: ProMéxico 2014. <http://www.promexico.gob.mx/documentos/revista-negocios/html/2014-11/english/11-2014/art01.html>

Quiroz Carranza J. y Cantú Gutiérrez C. (2011). El fogón abierto de tres piedras en la península de Yucatán: Tradición y transferencia tecnológica. *Pueblos y Fronteras Digital*. Junio 2012, pp. 270-301. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-41152012000100010&script=sci_arttext

Real Academia Española: Diccionario de la lengua española, versión 23.5 en línea. Consultado el 3 de mayo de 2022. <https://dle.rae.es>

Samayoa Fernández, José Carlos Arturo (2018). Estudio del consumo de leña a nivel del hogar en las comunidades del Ciprés, caseríos El limón y el Edén del municipio de San Raymundo, Guatemala. <https://core.ac.uk/download/pdf/162164261.pdf>

Santos Sánchez, Juan M. (2020). Determinación del poder calorífico de tres especies de coníferas de bosque templado de México *Pinus cooperi* C. Blanco, *Pinus durangensis* Ehren y *Pinus engelmannii* Carr. [tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Repositorio académico digital. <https://eprints.uanl.mx/19730/>

Secretaría de Energía. (2014). Balance Nacional de Energía 2013. México. Autor, 2014 a. Consultado el 6 de octubre de 2021. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/41975/Balance_2013.pdf

Secretaría de Energía (2016). Inventario Nacional de Energías Renovables. México. Autor: INEL. Consultado el 6 de octubre de 2021. <https://dgel.energia.gob.mx/inel/mapa.html?lang=es>

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2003). Diccionario de Normatividad Ambiental. Proyecto de cooperación de la Agencia Técnica Alemana (GTZ) y SEMARNAT México D.F., México. 341 p. Consultado el 3 de mayo de 2022.

Serway, Raymond A y Vuille, Chris. (2012). Fundamentos de física Vol. I. Novena edición. Editorial Cengage Learning.

<http://www0.unsl.edu.ar/~cornette/FISICA/Fundamentos%20de%20f%C3%ADsica%20-%20Volumen%201%20-%20Serway%20&%20Vuille%20-%209ed.pdf>

Zendejas Romero, Juan Sergio. (1995). Respuestas locales ante el embate reformista: el ejido como forma de organización de prácticas políticas locales. Relaciones, estudios de historia y Sociedad. El colegio de Michoacán, A.C., Vol. 16, número (61/62), pp 31-56.

<https://colmich.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1016/308>

ANEXO

ENCUESTA PARA CONOCER LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS DE LA POBLACIÓN.

Objetivo: La presente encuesta tiene como finalidad poseer una base de datos para conocer el uso de la energía utilizada en las viviendas de una comunidad rural, lo anterior con fines académicos.

SECCIÓN 1. DATOS GENERALES.

1.- Ubicación de la vivienda (Manzana, Lote #): ____ - ____

SECCIÓN 2. CONDICION SOCIAL.

2.- ¿Máximo grado de estudios del jefe de familia?

Primaria	1
Secundaria	2
Preparatoria	3
Licenciatura	4
Carretera técnica	5
Otro (especifique) _____	6

3.- ¿Edad del jefe de familia?: _____

4.- ¿Número de personas que habitan en la vivienda?

Por edades

0-4		25-29		50-54	
5-9		30-34		55-60	
10-14		35-40		61-64	
15-19		40-44		65-69	
20-24		45-49		70-99	

SECCIÓN 3. CONDICION ECONÓMICA.

5.- ¿Ocupación o empleo del jefe de familia?

Ama de casa	1	
Agricultor o jornalero	2	Que cultiva _____ cuantas horas dedica a esta actividad _____
Ganadero	3	
Albañil	4	
Electricista	5	
Carpintero	6	
Fontanero	7	
Profesor	8	
Otro (especifique) _____	9	

6.- ¿Cuál es el ingreso promedio mensual del jefe de familia?

\$

7.- ¿A cuánto asciende el gasto promedio mensual de su familia por consumo de energía?

Energía eléctrica	\$	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Gas LP	\$	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Leña	\$	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

SECCIÓN 4. ENERGÍA EN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA.

8.- ¿Para realizar sus actividades laborales utiliza energía?

- Si 1
No 2 Vaya a la pregunta 10

9.- ¿Esa fuente proviene del ...

- Sol? 1
Quema de leña? 2 De donde la obtiene _____
Derivado del petróleo? 3 Especifique _____
Otra fuente (especifique) _____ 4

10.- ¿Si usted tuviera la oportunidad de mejorar su condición de consumo de energía en su trabajo, que equipos le gustaría utilizar para realizar sus actividades?

- Secador solar de productos agrícolas 1
Bomba para agua alimentada con panel solar 2
Bomba para agua alimentada por un aerogenerador 3
Refrigerador comunitario 4
Sistema Foto Voltaico 5
Aerogenerador 6
Otro (especifique) _____ 9

SECCIÓN 5. ENERGÍA EN LA VIVIENDA.

11.- En esta vivienda tienen energía eléctrica de la red pública?

- Si 1
No 2

12.- ¿Señale el(los) combustible(s) que más usan para cocinar?

- Gas en cilindro 1 Vaya a la pregunta 14.
Electricidad 2 Vaya a la pregunta 14.
Leña 3 De donde la obtienen _____pase a la siguiente
Carbón 4 Vaya a la pregunta 14.
Otro combustible (especifique) _____ 5 Vaya a la pregunta 14.

13.- ¿Aproximadamente cuál es su consumo de leña a la semana?

14.- ¿Usan estufa para cocinar o calentar alimentos?

- Si 1
No 2

15.- ¿Cuánto tiempo utilizan la estufa para cocinar o calentar alimentos?

1 – 3 horas por día	1
4 – 6 horas por día	2
6 – 10 horas por día	3
No sabe	9

16.- ¿Si usted tuviera la oportunidad de mejorar su condición de consumo de energía en el hogar, que mecanismo le gustaría usar para preparar sus alimentos?

Estufa de gas	1
Parrilla eléctrica	2
Estufa ahorradora de leña	3
Estufa ecológica con secador con secador de productos	4
Calentador de gas	5
Calentador eléctrico	6
Calentador solar	7
Otro <u>(especifique)</u> _____	9

Gracias por su participación.

Constancia de participación en la semana de divulgación de la ciencia: energías renovables 2021.



LA UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
Y
EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES

otorgan

CONSTANCIA

a

Julio César López Reyes

Por su participación en la
3ra. Sesión de Pósters de la Maestría en Materiales y Sistemas Energéticos Renovables, efectuada en el marco de la "*Semana de la Divulgación de la Ciencia: Energías Renovables*", realizada del 23 al 26 de agosto en modalidad virtual.

Tuxtla Gutiérrez Chiapas, agosto 2021

"Por la Cultura de mi Raza"



Dr. Pascual López de Paz
Director del IIIER



Instituto de Investigación
e Innovación en
Energías Renovables



IIIER

Constancia de participación en la semana de divulgación de la ciencia e ingeniería 2022.



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN ENERGÍAS
RENOVABLES

Otorga la presente

Constancia

a

Julio Cesar López Reyes

Por su participación en la sesión de posters
con el tema:

“Evaluación del potencial energético de la biomasa forestal del ejido La Reforma del municipio de Palenque, Chiapas.”



Orgullo UNICACH

En la “Semana de Divulgación de la Ciencia e Ingeniería 2022: Energías Renovables”, en el marco del aniversario del Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables, realizado del 29 de agosto al 02 de septiembre de 2022, Tuxtla Gutiérrez; Chiapas.



Instituto de Investigación
e Innovación en
Energías Renovables

Dr. Pascual López de Paz
Director



Constancia de la estancia académica en la UNAM campus Morelia.



Morelia, Michoacán; 3 de octubre de 2022

Asunto: carta de terminación

Dr. Pascual López de Paz
Profesor Investigador del IIIER
Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas

Por este conducto me permito informarle que el alumno Julio César López Reyes inscrito en la Maestría en Materiales y Sistemas Energéticos Renovables, concluyó satisfactoriamente su estancia de investigación realizada en el Laboratorio de Innovación y Evaluación en Bioenergía (LINEB) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Campus Morelia, en el periodo que comprendió del 19 al 30 de septiembre de 2022.

Sin otro particular por el momento, le envío un cordial saludo.

Atentamente

Dr. Víctor M. Ruiz García

Coordinador del LINEB



Antigua Carretera a Pátzcuaro No.8701
Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta
C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México
Teléfono +52 (443) 322 27 04
Desde el D.F. 5623 2704
www.iies.unam.mx

c.c.p. Archivo.



Glosario de términos

Acahual. - El diccionario de la lengua española RAE lo define como “Hierba alta y de tallo algo grueso de que suelen cubrirse los barbechos”. En tanto que la SEMARNAT (2003), especifica que acahual es “la vegetación forestal que surge de manera espontánea en terrenos que estuvieron en uso agrícola o pecuario en zonas tropicales”.

Bioenergía. - Es la energía obtenida de la biomasa. Estos materiales pueden ser obtenidos de cultivos de desechos sólidos o líquidos, entre otras fuentes. De ellos, la energía útil se puede extraer directamente o posteriormente en carbón, biogás, bioetanol o biodiesel.

Biomasa. - Es toda materia viva derivada de seres vivos e incluye una gama muy amplia de materiales como madera, frutas, cereales, jugos y fibras.

Biomasa forestal. - Existen 2 tipos de biomasa forestal, la primaria y la secundaria. La primaria “es la que se obtiene directamente del ecosistema”, por ejemplo, la leña. La secundaria o residual “es un subproducto que puede proceder de procesos industriales” como los aserrines de carpinterías.

Cenizas.- Son residuos sólidos inorgánicos generados en la oxidación completa de la biomasa a altas temperaturas, están compuestos de silicatos, carbonatos, sulfatos y otros minerales.

Leña. - Trozos de madera que se obtienen de árboles de los bosques o selvas aledaños a las comunidades rurales y que se utiliza como combustible para calentar viviendas o para cocción de alimentos.

Materia volátil.- Son los gases y líquidos piroleñosos que se expulsan desde el carburante al momento de ser sometido a altas temperaturas.

Necesidades energéticas. - Corresponde al apremio que tiene una vivienda con respecto al uso de la energía, este apremio o necesidad puede ser energía eléctrica para iluminación y uso de electrodomésticos, energía térmica para calefacción de la vivienda, energía calorífica para cocción de alimentos, etc.

Poder calorífico superior. - es la cantidad de calor desprendido por la combustión completa de un kilogramo de combustible a presión constante. Sus unidades son kcal/kg o bien kJ/kg.

Lista de unidades

Unidad	Descripción
m	Metro
Nm	Nanómetro
Km	Kilómetro
Km ²	Kilómetro cuadrado
Ha	Hectárea
m ³	Metro cúbico
MW	Megawatt
GWh	Gigawatthora
KWh/m ²	Kilowatthora/metro cuadrado
m/s ²	Metro/segundo al cuadrado
Kg/m ³	Kilogramo/metro cúbico
KJ	KiloJoule
TJ	TeraJoule
KJ/kg	KiloJoule/kilogramo
Kg/día/habitante	Kilogramo/día/habitante
Ton/familia/año	Tonelada/familia/año
MtonCO ₂	Megatoneladas de dióxido de carbono