



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral  
Regional Unidad Oaxaca

---

**LA DENDROENERGÍA COMO UNO DE LOS COMPONENTES EN LA  
DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA DEL MANEJO FORESTAL  
COMUNITARIO EN LA SIERRA JUÁREZ, OAXACA, MÉXICO.  
EXPERIENCIA DESDE DOS ORGANIZACIONES.**

---

**TESIS**

Para obtener el grado de

**MAESTRO EN GESTIÓN DE PROYECTOS  
PARA EL DESARROLLO SOLIDARIO**

Presenta:

Ing. Karen Denisse López Olmedo

Dirigen:

M.A. Laura Lourdes Gómez Hernández  
Dr. Mario Enrique Fuente Carrasco

Oaxaca, México. Enero de 2020.



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral  
Regional Unidad Oaxaca

---

**LA DENDROENERGÍA COMO UNO DE LOS COMPONENTES EN LA  
DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA DEL MANEJO FORESTAL  
COMUNITARIO EN LA SIERRA JUÁREZ, OAXACA, MÉXICO.  
EXPERIENCIA DESDE DOS ORGANIZACIONES.**

---

**TESIS**

Para obtener el grado de

**MAESTRO EN GESTIÓN DE PROYECTOS  
PARA EL DESARROLLO SOLIDARIO**

Presenta:

Ing. Karen Denisse López Olmedo

Santa Cruz, Xococotlán, Oaxaca, México a Enero de 2020.



SIP-14-BIS

## INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

### ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca siendo las 12:30 horas del día 16 del mes de diciembre del 2019 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR OAXACA para examinar la tesis titulada:  
"La dendroenergía como uno de los componentes en la diversificación productiva del manejo forestal comunitario en la Sierra Juárez, Oaxaca, México. Experiencia desde dos organizaciones"

Presentada por el alumno:

López  
Apellido paterno  
Nombre(s): Karen Denisse

Olmedo  
Apellido materno

Con registro: 

A	1	8	0	8	1	0
---	---	---	---	---	---	---

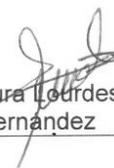
aspirante de:

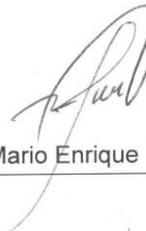
Maestría en Gestión de Proyectos para el Desarrollo Solidario

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

  
M. en A. Laura Lourdes Gómez Hernández

  
Dr. Mario Enrique Fuente Carrasco

  
M. en C. Margarito Ortiz Guzmán

  
M. en C. Graciela Eugenia González Pérez

  
Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE  
PROFESORES

  
Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez

  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.I.D.I.R.  
UNIDAD OAXACA  
IPN



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*CARTA CESION DE DERECHOS*

En la Ciudad de Oaxaca el día 16 del mes Diciembre del año 2019, el (la) que suscribe Karen Denisse López Olmedo alumno (a) del Programa de Maestría en Gestión de Proyectos para el Desarrollo Solidario con número de registro A180810, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la M. en A. Laura Lourdes Gómez Hernández y el Dr. Mario Enrique Fuente Carrasco y cede los derechos del trabajo titulado: “La dendroenergía como uno de los componentes en la diversificación productiva del manejo forestal comunitario en la Sierra Juárez, Oaxaca, México. Experiencia desde dos organizaciones”, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección [km.lome@gmail.com](mailto:km.lome@gmail.com). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

  
Karen Denisse López Olmedo

Nombre y firma

  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.I.D.I.R.  
UNIDAD OAXACA  
I.P.N.

## Dedicatoria

*Al universo, por propiciar las causalidades de la vida.*

## **Agradecimientos**

Al Instituto Politécnico Nacional, por las oportunidades de desarrollo profesional y personal que brindan al alumnado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el financiamiento otorgado durante el tiempo del desarrollo de este proyecto.

A la Unión de comunidades productoras forestales zapotecos-chinantecos de la Sierra Juárez (UZACHI), por la oportunidad y las facilidades brindadas para colaborar en su organización.

A Kaa Niula Yanni, por su siempre buena disposición y entusiasmo en el desarrollo del proyecto.

A la Universidad de la Sierra Juárez por la oportunidad de trabajar en sus instalaciones las pruebas requeridas para la finalización de esta tesis.

A la Universidad de Granada y específicamente al Instituto de Desarrollo Regional por la apertura a recibir estudiantes y contribuir en el desarrollo de investigaciones locales con impacto global.

A cada uno de los docentes, compañeros y amigos que estuvieron durante este tiempo, y contribuyeron de manera directa o indirecta en el desarrollo de este proyecto.

## Resumen

El Manejo Forestal Comunitario en la Sierra Juárez de Oaxaca (México) ha destacado a nivel mundial por su contribución al mantenimiento de servicios ambientales y creación de empresas con enfoque social. En la actualidad, los Programas de Manejo Forestal que se están implementando en la región, están buscando incrementar su productividad. Desde estos escenarios, existe un consenso en cuanto a la importancia de la diversificación de las actividades forestales sin que éstas signifiquen sacrificar los atributos de responsabilidad ambiental y social. De esta forma, el aprovechamiento forestal para usos dendroenergéticos ha presentado una alternativa en algunas organizaciones, específicamente con la producción de carbón vegetal. Sin embargo, la calidad de la madera y los atributos de la empresa social no han sido reconocidos en el sistema de mercado dominado por celulosa extraída de plantaciones forestales comerciales, en su mayoría importadas, y de la tala ilegal. A través de la metodología investigación acción y escuelas de campo se acompañó en la construcción reflexiva de alternativas para enfrentar los retos que la producción de carbón vegetal presenta en dos organizaciones: la Unión de Comunidades Productoras Forestales Zapotecos-Chinantecos de la Sierra UZACHI y Ka Niula Yanni. El proyecto involucró un proceso de diagnóstico, identificación y acompañamiento en la formulación de soluciones a problemáticas específicas en estas organizaciones. Esta experiencia permite considerar a la dendroenergía como parte de una alternativa para el fortalecimiento de la diversificación productiva en el Manejo Forestal Comunitario, manteniendo atributos de proyectos de desarrollo solidario, confiriéndole importancia económica, social y ambiental. Este proyecto fue una colaboración entre la UNSIJ y el CIIDIR Unidad Oaxaca.

**Palabras clave:** Aprovechamiento dendroenergético, carbón vegetal, manejo forestal comunitario, empresa social.

## Abstract

Community Forest Management in the Sierra Juárez de Oaxaca (Mexico) has stood out worldwide for its contribution to the maintenance of environmental services and the creation of enterprises with a social focus. Currently, the Forest Management Programs that are being implemented in the region are seeking to increase productivity. From these scenarios, there is a consensus on the importance of diversifying forest activities without sacrificing the attributes of environmental and social responsibility. In this way, the use of forests for dendroenergetic uses has presented an alternative in some organizations, specifically with the production of charcoal. However, the quality of the wood and the attributes of the social enterprise have not been recognized in the market system dominated by cellulose extracted from commercial forest plantations, mostly imported, and illegal logging. Through the action research methodology and field schools was accompanied in the reflexive construction of alternatives to face the challenges that charcoal production presents in two organizations: The Union of Zapoteco-Chinantec Forest Producing Communities of the Sierra UZACHI and Ka Niula Yanni. The project involved a process of diagnosis, identification and accompaniment in the formulation of solutions to specific problems in these organizations. This experience allows us to consider wood energy as part of an alternative for strengthening productive diversification in Community Forest Management, maintaining the attributes of solidary development projects, giving it economic, social and environmental importance. This project was a collaboration between UNSIJ and CIIDIR Unidad Oaxaca.

**Keywords:** Wood energy use, charcoal, community forest management, social enterprise.

## Índice

Resumen.....	VII
Abstract .....	VIII
Introducción .....	XV
Capítulo I .....	18
1.1 Antecedentes .....	19
1.1.1 Cambio Climático.....	19
1.1.2 Cambios observados en el sistema climático de la tierra y la contribución de las actividades humanas al calentamiento del planeta.....	19
1.1.3 Características de los gases de efecto invernadero.....	21
1.1.4 Acciones implementadas para contrarrestar el cambio climático.....	21
1.1.5 Área de oportunidad en el sector forestal.....	22
1.1.6 Emisiones del Sector Forestal en Oaxaca.....	23
1.1.7 Manejo Forestal Comunitario (MFC) en la Sierra Juárez de Oaxaca.....	24
1.1.8 Empresas forestales comunitarias.....	25
1.1.9 Aprovechamiento dendroenergético en la Sierra Juárez.....	26
Capítulo II .....	28
2.1 Planteamiento del problema.....	29
2.2 Justificación .....	32
2.3 Objetivos .....	35



Capítulo III.....	36
3.1 Revisión de Literatura.....	37
3.1.1 Alternativas para el Desarrollo. ....	37
3.1.1.1 Desarrollo sostenible y desarrollo solidario.....	38
3.1.1.2 Economía Solidaria.....	39
3.1.2 Energías Renovables.....	40
3.1.2.1 Dendroenergía.....	42
3.1.2.2 Características de la biomasa con usos energéticos.....	43
3.1.3.1 Análisis de la cadena de valor del carbón vegetal. ....	44
3.1.3.2 Aprovechamiento de especies forestales poco convencionales.....	46
3.1.3.3 Integración de grupos vulnerables en la producción del Carbón vegetal. ....	46
3.1.4 Grupos Multidisciplinarios para la creación de Soluciones locales.....	47
3.2 Marco normativo.....	49
3.2.1 Tratamientos Silvícolas.....	49
3.2.2 Normas de calidad para dendroenergéticos (Carbón vegetal) . ....	51
Capítulo IV.....	53
4.1 Área de estudio .....	54
4.1.1 UZACHI. ....	54
4.1.1.1 Localización.....	55
4.1.2 Ka Niula Yanni. ....	56
4.1.2.1 Localización.....	56



4.2 Metodología .....	58
4.2.1 Construcción de la Metodología. ....	58
4.2.1.1. Fase exploratoria. ....	61
4.2.1.2 Fase Diagnóstica. ....	61
4.2.1.3 Fase de Acción. ....	62
4.2.1.4 Fase de Implementación. ....	70
3.2.1.5 Fase de Análisis. ....	73
Capítulo V .....	74
5.1 Resultados .....	75
5.1.1 Aprovechamiento del recurso forestal en las organizaciones. ....	75
5.1.1.1 UZACHI. ....	76
5.1.1.2 Ka Niula Yanni .....	77
5.1.2 Aprovechamiento dendroenergético en las organizaciones. ....	81
5.1.2.1 UZACHI. ....	81
5.1.2.1 Ka Niula Yanni. ....	83
5.1.3 Análisis financiero de la producción de carbón vegetal de encino. ....	85
5.1.4. Caracterización energética de los desechos de Pinus oaxacana. ....	93
5.1.4.1. Rendimiento de madera de pino (Pinus oaxacana). ....	94
5.1.4.2. Caracterización energética del carbón vegetal de Pino (Pinus oaxacana). ....	95
5.1.4.3. Análisis de resultados. ....	99
Capítulo VI.....	100
6.1 Productos Finales .....	101

6.2 Discusión.....	106
6.3 Conclusiones.....	110
6.4 Recomendaciones .....	111
Fuentes de consulta.....	112
Anexos .....	126



## Índice de Tablas

Tabla 1. Intervenciones técnicas para la producción del carbón vegetal más limpia propuesta por la FAO.....	45
Tabla 2. Estándares de calidad de las características fisicoquímicas para el carbón vegetal de uso doméstico. ....	51
Tabla 3. Etapas de la metodología propuesta por el autor. ....	58
Tabla 4. Criterios que atiende el MFC.....	78
Tabla 5. Costos de producción de carbón vegetal con dos tecnologías. ....	82
Tabla 6. Costos de producción anuales.....	86
Tabla 7. Presupuesto de Ingresos anuales.....	86
Tabla 8. Monto total de la inversión para el proyecto. ....	87
Tabla 9. Presupuesto de costos fijos anuales de la empresa: Gastos de Venta y Administración. ....	88
Tabla 10. Depreciación y Amortización.....	88
Tabla 11. Estado de Resultados y flujos de efectivo.....	89
Tabla 12. Cálculo del Valor Actual Neto.....	90
Tabla 13. Flujos acumulados del proyecto. ....	91
Tabla 14. Costo unitario del m <sup>3</sup> de encino.....	93
Tabla 15. Propiedades fisicoquímicas del carbón vegetal. ....	96
Tabla 16. Poder calorífico de Pinus Oaxacana. ....	98

## Índice de figuras

Figura 1. Imagen empresarial UZACHI .....	54
Figura 2. Plano de macro localización .....	55
Figura 3. Logo de la organización .....	56
Figura 4. Macro localización de San Juan Evangelista Analco .....	57
Figura 5. Deliberación descrita por OAKSHOTT (Elliot, 2000).....	63
Figura 6. Diagrama del funcionamiento de la metodología escuelas de campo .....	71
Figura 7. Criterios de elegibilidad para la transferencia de tecnología.....	72
Figura 8. Producción de Carbón vegetal en hornos de tierra.....	81
Figura 9. Planta de producción de Ka Niula Yanni .....	83
Figura 10. Cambio de temperatura en función del tiempo para la determinación del poder calorífico: Muestras de 1 a 5.....	98
Figura 11. Cambio de temperatura en función del tiempo para la determinación del poder calorífico: Muestras de 5 a 10.....	98

## Introducción

El estado de Oaxaca cuenta con una extensión territorial de 9,395,977.73 hectáreas de las cuales el 67.1% está cubierta de superficies forestales (COEFSO, 2019), de este porcentaje el 80% pertenece a comunidades y ejidos (Merino, 1997). Estas comunidades mantienen un sistema de Gobernanza local, el cual se basa en el Sistema de Usos y Costumbres actualmente denominado Sistema Normativo Interno, considerando como elementos el territorio, trabajo comunitario, organización y tejido social. De acuerdo con Fuente (2012), en estos sistemas, la asamblea desempeña un papel fundamental, así como ciertos atributos, entre ellos los siguientes: sistemas de cargos, las reglas consuetudinarias, la responsabilidad, la reciprocidad, la confianza, la comunicación y la ayuda mutua.

Actualmente los tratamientos silvícolas implementados en los bosques de la Sierra Juárez de Oaxaca buscan incrementar los volúmenes autorizados de extracción de pino y encino a remover (Vásquez, Clark, Manzano, González, y Aguirre, 2018). En términos generales, el aprovechamiento forestal tiene dos características de sub-aprovechamiento importantes de atender. En primera instancia, la madera derivada del pino se ha posicionado en el mercado para su venta sin transformación, sin embargo, aproximadamente el 30% del material celulósico (ramas) de los árboles, no está siendo aprovechado. Por otro lado, el encino cuenta con un volumen autorizado Rollo Total Árbol (R.T.A) del cual solo es aprovechado un 50% del mismo (gran parte como leña), mientras que, del resto sólo una pequeña parte ha sido incorporada de manera sistemática en la producción de carbón vegetal (Gasca, 2014). De tal forma que existe un área de oportunidad mediante el aprovechamiento dendroenergético, de estas dos especies.



En este contexto de sub-aprovechamiento, la incorporación de estrategias del uso dendroenergético de la biomasa forestal, es considerado como una forma particular de la generación de energía renovables, sin embargo, este término permite considerar los aspectos técnicos, socioeconómicos y ambientales relacionados con la producción forestal, el procesamiento, su eventual conversión en otras formas de energía útil y su efectiva utilización, permitiendo un análisis más profundo de las implicaciones ecológicas, sociales y económicas de la producción del carbón vegetal (FAO, 2004). Adicionalmente a estas consideraciones, la dendroenergía puede ser una actividad relevante dentro de la estrategia nacional de sustituir insumos energéticos derivados de los fósiles hacia insumos energéticos derivados por los fósiles hacia insumos con atributos de favorecer la renovabilidad, ya que la Secretaría de Energía (SENER) (2013) ubica a la biomasa como parte de esta estrategia.

En esta coyuntura del manejo forestal comunitario en la Sierra Juárez de Oaxaca, la UZACHI y Ka Niula Yanni, son dos organizaciones que han empezado a involucrar a la dendroenergía dentro de sus actividades productivas, a través de la producción del carbón vegetal. Sin embargo, han visibilizado retos que han retrasado el desarrollo de sus actividades comerciales, por lo que, a través de la metodología investigación acción y escuelas de campo se acompañó en la construcción reflexiva de alternativas para enfrentar los retos que la producción de carbón vegetal presenta cada una de las organizaciones a través del diagnóstico, identificación y acompañamiento en la formulación de soluciones. Bajo esta premisa se realizó el análisis financiero de la producción de carbón vegetal producido por encino (principal recurso forestal con usos dendroenergéticos en la región) y la caracterización energética los residuos de pino (*Pinus oaxacana*) (Ramas y materia celulósica que no se vende en rollo), mostrando así el potencial de la dendroenergía para la producción de carbón vegetal sin comprometer la sobreexplotación de

una sola especie, permitiendo así la diversificación en el aprovechamiento de especies no convencionales.

Esta experiencia permite visibilizar el rol de la dendroenergía, como parte de una alternativa para el fortalecimiento de la diversificación productiva en el Manejo Forestal Comunitario, manteniendo atributos de proyectos de desarrollo solidario, confiriéndole importancia económica, social y ambiental. Además, se permite identificar los retos, oportunidades y amenazas que la producción de carbón vegetal presenta en la Sierra Juárez. Este proyecto fue una colaboración entre la UNSIJ y el CIIDIR Unidad Oaxaca.



# Capítulo I

## 1.1 Antecedentes

### 1.1.1 Cambio Climático.

Los inestables patrones climáticos, la gran demanda en el uso de recursos naturales, la falta de un ordenamiento territorial consensuado, y la urbanización acelerada por las dinámicas provocadas por la globalización económica, están ejerciendo presión sobre los ecosistemas terrestres como nunca (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2012). Estas presiones provocan desequilibrios en el aspecto ambiental, repercutiendo directamente en la renovabilidad de las especies que habitan en el planeta y denotan las externalidades de la relación entre el medio ambiente y el desarrollo humano. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés (2017a), el cambio climático representa actualmente uno de los principales retos que la humanidad debe combatir para garantizar la disponibilidad de recursos y calidad de vida de las generaciones futuras. Es así como el uso de fuentes de energía fósiles como el petróleo es una de las causas del continuo crecimiento de los gases de efecto invernadero, por lo cual el explorar fuentes alternas de producción, tales como las energías renovables se precisa urgente, tal como lo señalado por Short y Keegan (2002).

### 1.1.2 Cambios observados en el sistema climático de la tierra y la contribución de las actividades humanas al calentamiento del planeta.

El clima en la tierra a lo largo de la historia ha tenido importantes variaciones, en los últimos 650,000 años han existido siete épocas de hielo. Con el final de este último proceso hace

7000 años, se marcó el inicio del clima moderno y de la civilización humana (Saunois, Jackson, Bousquet, Poulter y Canadel, 2016).

Hasta esa fecha las variaciones en el sistema climático estaban representadas por el cambio de la órbita de la tierra. Sin embargo, los recientes niveles de emisiones de gases de efecto invernadero han demostrado la influencia de la humanidad en el delicado ciclo de energía del planeta, ya que se han alcanzado niveles nunca registrados en los últimos 400,000 años. Las concentraciones de Dióxido de Carbono, Metano y Óxido de Nitrógeno han alcanzado notables incrementos desde 1750 (40%, 150% y 20% respectivamente). No obstante, alrededor de la mitad de las emisiones antropogénicas de  $CO_2$  registradas entre 750 y 2011 han ocurrido sólo en los últimos 40 años, de acuerdo con lo reportado por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) (2014).

En el año 1958 Charles David Keeling comenzó a realizar mediciones del  $CO_2$  atmosférico en el Mauna Loa in Hawaii. Las mediciones globales de este gas de efecto invernadero persisten hasta la fecha en este lugar y se considera la primera prueba inequívoca de que las concentraciones  $CO_2$  continúan aumentando (Montzka, Dlugokencky y Butler, 2011). Desde ese momento se han registrado diversos cambios que no habían tenido lugar en siglos de la historia de la Tierra. El aumento en el nivel del mar, el desbalance de energía en la atmósfera y el mar, la disminución de hielo y nieve en los polos terrestres son algunas de las consecuencias más notorias de las afectaciones del cambio climático. Así, en 1981 J. Hansen y sus colaboradores habrían descubierto la correlación existente entre el aumento de temperatura global y el efecto invernadero generado por el crecimiento de la presencia Dióxido de Carbono en la atmósfera (Hansen, J. et al., 1981).

### **1.1.3 Características de los gases de efecto invernadero.**

El análisis y estudio del comportamiento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera han sido indispensables para conocer su relación con el sistema climático de la Tierra. Así, es posible identificar de qué manera el aumento o disminución de los gases presentes en la atmósfera terrestre desestabilizan el balance energético de la tierra. Siendo el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) los de mayor presencia en la atmósfera. En el 2017 alcanzaron nuevos máximos con un nivel de  $\text{CO}_2$ , de  $405.5 \pm 0.1$  partes por millón (ppm),  $\text{CH}_4$  de  $1859 \pm 2$  partes por billón (ppb) y  $\text{N}_2\text{O}$  de  $329.9 \pm 0.1$  ppb (OMM, 2018).

### **1.1.4 Acciones implementadas para contrarrestar el cambio climático.**

A nivel mundial se han implementado acciones en donde mediante acuerdos se establecen metas de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Sin embargo, a pesar del crecimiento del número de tratados para la mitigación del cambio climático, las emisiones anuales de GEI continúan creciendo cada vez a mayor velocidad. Por lo que esto, representa actualmente uno de los principales retos que la humanidad debe combatir para garantizar la disponibilidad de recursos y calidad de vida de las generaciones futuras (IPCC, 2014).

En este sentido, el PNUMA (2012) refiere a que la clave es reorientar los objetivos climáticos globales a atender las principales fuerzas motrices que lo impulsan, tales como la generación de electricidad a partir de fuentes de energía fósil, las emisiones causadas por la deforestación y el cambio de uso de suelo, los patrones de consumo y producción de la población.

### 1.1.5 Área de oportunidad en el sector forestal.

La madera es considerada la primera fuente de energía de la humanidad. Actualmente, se sigue siendo la fuente de energía renovable más importante que, por sí sola, proporciona más del 6% del suministro total de energía primaria a nivel mundial (FAO, 2017). Los combustibles de madera son un producto forestal muy importante, donde la producción mundial de leña excede la producción de madera en rollo industrial por lo que se refiere al volumen. Arias y Riegelhaupt (2002) señalan que a menudo, la producción de leña y carbón vegetal tienen un uso predominante de la biomasa leñosa en los países en desarrollo y las economías en transición. Actualmente, debido a las preocupaciones relativas al cambio climático y la seguridad energética, la dendroenergía ha entrado en una nueva fase de gran importancia y visibilidad.

En este sentido, en los últimos tres siglos, el área forestal global se ha reducido a la mitad, trayendo graves implicaciones en lo que a emisiones de gases de efecto invernadero, respecta. Sanhueza y Antonissen (2014), estiman que estas emisiones equivalen a cerca del 20% del total de emisiones de origen antropogénicas.

Por otro lado, la deforestación, la degradación y el ordenamiento inadecuado de los bosques reducen el almacenamiento de carbono (FAO, 2005). En este marco problemático, el manejo adecuado de los recursos forestales se presenta como uno de los componentes claves para contribuir a la mitigación y adaptación del Cambio Climático, tal como lo han reconocido organismos como la Organización de las Naciones Unidas y en los acuerdos y programas tales como REDD+, que buscan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que provienen de la deforestación y degradación de los bosques. De tal forma que el ordenamiento forestal sostenible

y los sistemas de tratamiento silvícola presentan una oportunidad para reducir tales problemas y aumentar así su capacidad de almacenamiento de carbono (Martin, 2008).

### **1.1.6 Emisiones del Sector Forestal en Oaxaca.**

El inventario de emisiones de contaminantes criterio y gases de efecto invernadero (2008), ha registrado que Oaxaca aporta menos del 3% de las emisiones nacionales de GEI a nivel nacional. Si bien, estas emisiones podrían considerarse como despreciables, la importancia de reducir las emisiones en un estado que a nivel nacional se posiciona como uno de los menores emisores, radica en fomentar el uso de prácticas que permitan el desarrollo comunitario a través de un manejo sostenible de sus recursos naturales. De acuerdo con Mosqueda (2012), el 50% del total de estas emisiones proviene del ámbito energético, siendo la refinería de Salina Cruz y el transporte lo que más contaminan, sin embargo, el segundo grupo más grande de estas emisiones con el 42% del total lo ocupa el desmonte de bosques y selvas. El estado de Oaxaca es la cuarta entidad más importante por su producción forestal con 419 mil  $m^3$ , que representa el 7% de la producción nacional, solo después de Durango, Chihuahua y Michoacán (SEMARNAT, 2014)

La superficie forestal constituye unos 6.3 millones de hectáreas de las cuales, 6.1 millones se conforman de bosques y selvas. Los ejidos y las comunidades son propietarios de 5 millones de hectáreas de los bosques y selvas del estado de Oaxaca. Sin embargo, hay solamente 164,759 hectáreas que cuentan con autorizaciones de aprovechamiento forestal maderable. Esta superficie, se divide en 159,689 hectáreas que son propiedad de ejidos y comunidades, y 5,070 hectáreas localizadas en predios privados (CCMSS-Centro GEO, 2008). Esta clasificación del tipo de propiedad ha propiciado que sea la gobernanza comunitaria quien contribuya a la conservación de

los bosques, posicionando al estado de Oaxaca como un ejemplo del manejo forestal comunitario, lo que lo ha llevado a ser referente a nivel nacional e internacional (Rosas, Correa y Cruz, 2013).

Por otra parte, en términos económicos Oaxaca aporta sólo el 1.5% al PIB Nacional, donde la industria forestal sólo representan un 6%. Genera entre 18 y 24 mil empleos directos por temporada de producción la cual tiene un tiempo de duración de ocho meses ya que se da preponderantemente en época de sequía y en lugares más alejados de Oaxaca o que corresponde al 0.5% de la población. Oaxaca es la entidad con mayor diversidad biológica del país, y ocupando el tercer lugar nacional con mayor superficie arbolada según el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (Leyva et. al, 2017) resulta pertinente que la búsqueda de acciones que permitan detonar el sector forestal incorporen los elementos técnicos de mayor relevancia y estos puedan ser atendidos a través de estrategias que no sólo involucren personal técnico externo, sino que además incorporen elementos propios de la comunidad (cosmovisión, usos y costumbres cultura) y de los grupos que participan en la implementación de estas soluciones, tal como lo reportado por Gasca (2014).

### **1.1.7 Manejo Forestal Comunitario (MFC) en la Sierra Juárez de Oaxaca.**

En la década de los 50, el gobierno federal otorgó concesiones que incentivaron la explotación y privatización de los recursos forestales de la Sierra Juárez de Oaxaca (Gasca, 2014). Sin embargo, el incumplimiento de contratos y la falta de acciones para impulsar el desarrollo de la región, llevó a las comunidades a la conformación de la Organización para la Defensa de los Recursos Naturales y el Desarrollo Social de la Sierra Juárez (Chapela, 2007). Esta nueva dinámica en las comunidades forestales, favoreció que diversas conductas emergieran (tales como los sistemas de gestión de su territorio, la implementación de nuevos tratamiento silvícolas, la instalación de consejos de vigilancia, entre otros) favoreciendo así, procesos de generación de

excedentes con una mayor responsabilidad social y ambiental (Fuente y Barkin, 2009) llegando así a lo que actualmente se conoce como Manejo Forestal Comunitario (Valdés y Negreros, 2010).

El MFC de Oaxaca ha traído grandes beneficios a sus comunidades, tales como la armonización de las formas de gobierno comunales, la generación de empleos, la mejora de las condiciones de bienestar y la optimización de prácticas en el uso racional de los recursos naturales (Chapela, 2007). No obstante, estos beneficios presentan grandes retos al momento de administrar las empresas forestales comunitarias. Mientras que éstas integran valores de cooperación, solidaridad, reciprocidad y distribución del excedente para el beneficio colectivo; la inserción en los mercados convencionales las lleva a adoptar racionalidades basadas en criterios de eficiencia, competitividad y monetización de la economía local, elementos que redimensionan las lógicas de trabajo comunitario (Gasca, 2014). Esto sin dejar de lado que la mayor parte del territorio forestal se encuentra subsidiado por el pago de servicios ambientales del gobierno federal, que si bien ha beneficiado la incorporación de más grupos al cuidado de sus bosques, también ha provocado que dicho sector no mantenga ritmos de crecimiento que detonen su potencial en el sector productivo (Figuroa, Reyes y Rojas, 2009).

### **1.1.8 Empresas forestales comunitarias.**

Las empresas comunitarias en territorios forestales de la Sierra Juárez de Oaxaca han alcanzado reconocimiento internacional por el manejo sustentable de sus recursos naturales (Bray y Merino, 2004), ayudando a sus integrantes a mantenerse como dueños de sus ecosistemas, de sus medios de producción y salvaguardar sus estilos de vida. Aunque se les consideraba como atrasadas y con pocas probabilidades de sobrevivir en un sistema económico que se centra en la acumulación de bienes y generación de ganancias (Barkin, 2006); las empresas comunitarias

presentan enfoques, en los que se construyen nuevas estructuras sociales, las cuales son capaces de integrar a sus miembros propiciando el desarrollo conjunto hacia el bienestar y la solidaridad (Rosas, 2013). Descentralizando así la acumulación de riqueza y permitiendo nuevas formas de organización que permiten el desarrollo sin comprometer el deterioro de sus recursos naturales.

Dando testimonio de esto, las enseñanzas de la lucha comunitaria forestal muestran a la categoría de comunalidad como un impulsor de lenguajes y valoración de la naturaleza, alternos a la visión de la economía global. Dicho desde otros términos, cuando el Estado interviene de manera autoritaria o violenta, genera movimientos sociales, que llegan a ser catalizadores de respuestas organizadas (como la comunalidad y modelos de organización y producción que buscan beneficios colectivos). De esta forma, estos actores sociales logran la inserción en procesos de los cuales han sido excluidos, reivindicando sus derechos en la construcción de los proyectos de la nación (Fuente, 2012).

### **1.1.9 Aprovechamiento dendroenergético en la Sierra Juárez.**

El aprovechamiento forestal que llevan a cabo las empresas comunitarias en la sierra Juárez se distribuye en la venta de madera en rollo, fabricación de muebles y para usos energéticos a través de la venta de leña y fabricación de carbón vegetal (Aquino, Ruíz y Fuente, 2012). Por su parte, el aprovechamiento dendroenergético a través de la producción de carbón vegetal ofrece la posibilidad de utilizar grandes cantidades de madera, incluidos los residuos que se generan durante el aprovechamiento forestal y la industrialización (aserraderos, carpinterías, etc.) (Heya, Pournavab, Carrillo y Colin 2014).



En México, entre los años 2013 y 2014 se reportó un aumento en la producción de combustibles en forma de leña y carbón de 6.4% y 5.5%, respectivamente, lo que representa el 12.4% del volumen nacional de la producción forestal maderable (SEMARNAT, 2014). Por su parte, en la Sierra Juárez de Oaxaca el 29% (448,377 m<sup>3</sup>.r.) de las existencias maderables del bosque bajo manejo forestal corresponden a madera de encino (STF, 2015), sin embargo, son pocas las actividades productivas derivadas de esta especie. Por otra parte, se cuentan con pocos datos respecto a la cantidad de carbón vegetal producido en la región, pero, tan sólo en la población de Ixtlán de Juárez se registra una producción aproximada de 140,000 kg por mes en hornos de ladrillo, sin considerar a los pequeños productores que aún realizan la actividad productiva de manera tradicional (Ruíz, 2017).

Sin embargo, Torre y Mentón (2016) indican que el consumo de leña y carbón vegetal por la población rural ha variado con el tiempo debido al cambio de los hábitos energéticos debido a que actualmente usan más gas o electricidad para la preparación de sus alimentos. Estas variaciones en los medios de vida rurales han propiciado que el rol de los productos forestales pase de proveedores de energía a generadores de ingresos económicos y por lo tanto fuentes de empleo, incursionando directamente en el sector productivo (Ministerio de Energía y Minas-MEM, 2010). Sin embargo, a pesar de que el carbón producido en la región ha tenido aceptación en el mercado local, no es hasta el 2017 cuando se realizan estudios para determinar su calidad de acuerdo con las normas internacionales; de esta forma se abre la posibilidad de que el producto tenga apertura a mercados más amplios (Bautista, Ruíz, Santiago y Santiago, 2017).



# Capítulo II

## 2.1 Planteamiento del problema

En el estado de Oaxaca, en la última década del siglo XX, surgió un Manejo Forestal Comunitario (MFC) que ha permitido el desarrollo de una gobernanza ambiental inédita y altamente importante para México, basado en la apropiación del manejo, conservación, producción y comercialización de sus recursos forestales (Merino, 1997). Destacando así como un referente a nivel nacional e internacional, la Sierra Norte se encuentra inmersa dentro de una Región Terrestre Prioritaria (RTP) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), proporcionando una enorme gama de funciones ecosistémicas (de regulación, suministro, sumideros) y de niveles de resiliencia para enfrentar los efectos del cambio climático (Castellanos et. al, 2008).

El MFC en la región ha mantenido en promedio bajos índices de riesgo de deforestación (Bray, 2007) y ubica a la región como un área de acción temprana para alcanzar los objetivos REDD+ (Sanhueza y Antonissen 2014). Es un referente importante por varias características entre estas las siguientes: a) su extensión territorial. b) su nivel de organización intercomunitaria y, c) por el desarrollo de propuestas de manejo integral del territorio con un enfoque de paisaje, y d) la recuperación de la estructura y composición de los bosques, después de haber pasado por un periodo de 25 años de concesiones forestales que los degradaron (Markopoulos, 1999).

Los programas de manejo forestal autorizados, han incrementado sus niveles de productividad derivado de la implementación de un sistema combinado o mixto (MDS y MMOBI) y adaptativo que busca una ordenación de los bosques, donde se aproveche el máximo potencial productivo (superficie y tiempo), la permanencia del recurso y los servicios ecosistémicos, la renovación de las masas forestales, mayor rentabilidad económica y por ende mayores beneficios

sociales para sus comuneros, esto de acuerdo con las entrevistas que se realizaron con los directivos del equipo técnico de la UZACHI. No obstante, recientemente se han intensificado criterios de conservación y monitoreo de la biodiversidad, procurando obtener mayores beneficios ambientales y ecológicos.

Durante años, el principal ingreso económico del aprovechamiento forestal proviene de la venta de madera de pino, cuyas empresas comunitarias cuentan ya con un mercado identificado. Los volúmenes a remover de pino y encino en las comunidades de la Sierra Juárez van de los 5000 a 8000 m<sup>3</sup> en pino y de 1500 a 7000 m<sup>3</sup> de encino (Morales, 2015). En estas condiciones, no existen dificultades para ubicar un mercado para la venta de pino; sin embargo, con el incremento de los volúmenes de encino es necesario diversificar las actividades de producción, buscando una mayor rentabilidad económica y ecológica. De acuerdo con reportes internos de las dos organizaciones participantes en este estudio los volúmenes autorizados de Rollo Total Árbol (R.T.A.) no se alcanzan a aprovechar en su totalidad. En condiciones semejantes, como los realizados por Rivera y Paredes (2015), existe la posibilidad de maximizar los beneficios que los sistemas de manejo silvícola proporcionan a través del uso de los recursos forestales con fines dendroenergéticos, permitiendo la diversificación y el fortalecimiento de las actividades productivas.

Desde esta perspectiva, el mantenimiento de las contribuciones para un MFC responsable hacia un modelo de Desarrollo Rural Sustentable, presenta diversos retos por resolver. Sobre todo, si se trata de implementar sistemas de aprovechamiento bajo beneficios no sólo económico, si no ambientales y sociales. La problemática actual, identificada a partir de un taller participativo en las organizaciones comunitarias Unión de Comunidades Productoras Forestales Zapotecos-Chinantecos de la Sierra UZACHI y Ka Niula Yanni engloba los siguientes aspectos:

- Baja diversificación de la cadena de valor de productos maderables y no maderables.
- El mercado convencional se ha saturado de madera proveniente de plantaciones comerciales nacionales e importadas (Chile y Brasil), que tienen bajos costos de producción y de venta, pero con altas externalidades sociales y ambientales.
- Persisten niveles altos de venta de madera proveniente de la tala ilegal.
- En el mercado convencional no hay distinción entre las empresas sociales y las de tipo privado.
- Falta de diferenciación de los precios de los productos forestales que provienen de bosques con certificación y de los no certificados.
- Inexistencia de generación de empleos a nivel local/regional de actividades derivadas del aprovechamiento forestal.

Derivado de esto, se requieren acciones que permitan minimizar las limitantes (amenazas y debilidades) presentes hacia la consolidación de un modelo de aprovechamiento dendroenergético en el marco del MFC. Por lo que con el presente proyecto se acompañó en el trabajo realizado por dos organizaciones de la de la Sierra Juárez, la UZACHI y Ka Niula Yanni, en la construcción de alternativas que permitan visibilizar al aprovechamiento dendroenergético como un componente clave en la diversificación sus actividades productivas derivadas del manejo comunitario de sus bosques, atendiendo sus debilidades y visibilizando las áreas de oportunidad que la producción de carbón vegetal presenta.

## 2.2 Justificación

En el estado de Oaxaca, el manejo forestal comunitario de la Sierra Juárez mantiene un sistema de gobernanza vinculado no sólo al sistema del régimen agrario; sino también al sistema normativo interno. En este sistema destacan formas de organización que tienen como eje el territorio común, el trabajo comunitario, la asamblea, el sistema de cargos; así como la reciprocidad, confianza, comunicación y ayuda mutua. Por otra parte, las comunidades de la Sierra Juárez, están implementando tratamientos silvícolas que permiten la permanencia, regeneración y aprovechamiento de sus boques. Predominando el combinado o mixto, compuesto por el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) y el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI). Este tratamiento, permite el aprovechamiento intensivo de especies de áreas determinadas, por lo que se vuelve más eficiente cuando se aprovechan la totalidad de sus especies forestales.

En la actualidad los Programas de Manejo Forestal que se están implementando en las comunidades de Santiago Xiacuí y San Juan Evangelista Analco, han incrementado considerablemente los volúmenes de madera de pino y encino a remover. Sin embargo, se considera que el volumen autorizado (r.t.a.) para el caso del encino, solo es aprovechable un 50% de mismo y de este un 50% se vende como leña, mientras que del resto sólo una mínima parte es utilizada para la producción de carbón vegetal. Por otro lado, el 78% de la producción es de madera aserrada y el 97% corresponde a madera de pino (Sosa, 2007), tomando en cuenta que de cada árbol solo es aprovechado el tronco, existe 30% de materia prima que no está siendo incorporada al mercado (ramas).

Considerando estos aspectos generales, existe una alta proporción de biomasa forestal (tanto de encino, como de pino) que no tiene mercado; es decir, que se puede considerar como un excedente de materia prima para uso comercial que podrían ser aprovechadas para el beneficio de sus comunidades a través de la producción de carbón vegetal. De esta forma, se abre la posibilidad de utilizar el recurso autorizado, incluidos los residuos que se generan durante el aprovechamiento forestal. Además, forma parte de una de las estrategias alternativas dentro del manejo forestal comunitario que vienen a contribuir al desarrollo de estrategias globales vinculadas en términos generales con las estrategias para la Reducción de Emisiones de gases de efecto invernadero causadas por la Deforestación y Degradación de los bosques, también conocida como REDD+; ya que, las fuentes dendroenergéticas que experimentan un proceso de transformación y se producen mediante la utilización de recursos renovables gestionados de forma sostenible y tecnologías mejoradas constituyen actividades productivas relevantes dentro de la gestión de proyectos de desarrollo con enfoque solidario. Que, además, se constituyen como una de las más versátiles de todas las energías renovables (FAO, 2017).

La UZACHI y la organización comunitaria Ka Niula Yanni, son dos organizaciones comunitarias con diferente historia, alcance, necesidades y niveles de consolidación; pero que coinciden en aprovechar los beneficios que presenta la dendroenergía, mediante la producción de carbón vegetal como una opción viable en su diversificación productiva: Sin embargo, estas organizaciones se enfrentan a grandes retos, por lo que les resulta indispensable instrumentar estrategias para realizarlo de manera más eficiente, con el fin de buscar un incremento en los beneficios que proporciona el bosque; ambientales, ecológicos, sociales y económicos, permitiendo así el cumplimiento de los siguientes criterios del MFC:

- a) Aprovechar la calidad productiva del bosque. De acuerdo con los datos de campo tomados durante los inventarios forestales y después de hacer el procesamiento de dicha información se determinó la capacidad productiva del bosque mediante la generación de índices de sitio donde se demuestra la capacidad que tiene el bosque de recuperar el volumen que se remueve anualmente. Es así como se toma la decisión de aplicar tratamientos intensivos.
- b) Regenerar las masas forestales: A través de la aplicación de tratamientos silvícolas se realizar la renovación de las masas forestales sin dejar que envejeczan y sean susceptibles a plagas, enfermedades e incendios.
- c) Recuperar la estructura y calidad del bosque después de las concesiones: Derivado de la mal aplicación del Método Mexicano de Ordenación de Montes (MMOM) donde se extrajeron individuos con las mejores características y solamente la especie de *Pinus*, convirtiendo bosques de pino encino a bosques de encino pino lo que repercutió en un cambio de estructura y composición del bosque provocando así su degradación.
- d) Dar protección a otros recursos. El buen manejo de los recursos forestales no solamente conlleva a la generación de madera, la renovación constante de las masas permite dar protección a otros recursos que, aunque no tengan un valor comercial si tienen gran importancia para la subsistencia de la vida el ser humano, entre ellos encontramos la producción de oxígeno, captación y retención de agua, protección al suelo, hábitat para flora y fauna, etc.
- e) Invertir las utilidades del bosque en desarrollo social y ambiental, los comuneros se benefician mediante obras de infraestructura comunitaria y empleos directos generados por el manejo del bosque.

## 2.3 Objetivos

### Objetivo general

Contribuir en el fortalecimiento del aprovechamiento dendroenergético como componente en la diversificación de las actividades productivas derivadas del manejo forestal comunitario de dos organizaciones productoras de carbón vegetal de la Sierra Juárez, desde la perspectiva del manejo forestal comunitario y desarrollo solidario.

### Objetivos específicos

1. Diagnosticar el estado actual del MFC en los bosques de pino-encino
2. Identificar los elementos técnicos, ambientales y económicos que presenten áreas de oportunidad en la producción de carbón vegetal de encino en la UZACHI y Ka Niula Yanni para elaborar propuestas de acompañamiento en el fortalecimiento de la actividad productiva.
3. Analizar la factibilidad económica de la producción de carbón vegetal de encino en hornos de media naranja, a través de un análisis financiero.
4. Determinar el potencial energético de los residuos de pino (*Pinus oaxacana*) para evaluar la factibilidad técnica de que sea integrado en la producción de carbón vegetal.



# Capítulo III

## 3.1 Revisión de Literatura

### 3.1.1 Alternativas para el Desarrollo.

A raíz de las problemáticas sociales y ambientales que han sido causa de las actividades económicas desarrolladas por el ser humano, es necesario proponer soluciones integrales y sostenibles que ayuden a mitigar y solucionar los efectos devastadores de los sistemas de producción actuales. Así, el tomar conciencia acerca de la situación que prevalece a nivel mundial en relación con el deterioro gradual que se da en el medio ambiente en un aspecto de suma importancia (Tietenberg, y Lewis, 2016).

Se trata de la creación de nuevos paradigmas en donde se cuestionen las bases del bienestar económico y desarrollo humano. En donde no sólo sea el sector económico el eje de los sistemas que rigen al planeta, se trata de considerar al medio como un proveedor limitado, en donde se respeten sus ciclos y su bienestar y no sólo del ser humano. Esto supone retos en los que tanto actores sociales como instituciones públicas y privadas replanteen estrategias que permitan el avance tecnológico y social sin llevar al límite la capacidad de regeneración de los recursos naturales. Según Altieri (1988), un método de análisis y desarrollo tecnológico no sólo se debe centrar en la productividad, sino en otros indicadores del comportamiento del sistema. Tales como la sustentabilidad, la equidad, la estabilidad económica y la productividad, siendo esta última la cantidad de producción por unidad de superficie, trabajo e insumo utilizados. Esto es, poder integrar un sistema en el que el medio ambiente se dejé de ver como un simple proveedor inagotable de materia y considerar las implicaciones medioambientales y sociales que éstas arrastran.

El establecer sistemas de análisis con enfoques que permitan internalizar los efectos que han sido excluidos pueden permitir el surgimiento de nuevas propuestas en lo que a las actividades humanas respecta. De acuerdo con García Juárez y García Salinas (2007), el estudio antropológico de los procesos deberá incorporar un enfoque energético; principalmente para tomar en cuenta las implicaciones de la segunda ley de la termodinámica. Esta ley afirma, que, al cambiar de forma, la energía se dispersa en una última e irreversible estado que puede considerarse como desecho. El análisis entendido desde un flujo energético debe tener como objetivo relacionar de manera directa al hombre y la ecología en cuestiones que tradicionalmente los toman como agentes aislados (Fischer y Knutt, 2015). En la misma línea, Georgescu (1971), pionero en el campo de la economía ecológica, enfatizó que el sistema económico debe considerar en cuenta estos procesos entrópicos.

### ***3.1.1.1 Desarrollo sostenible y desarrollo solidario.***

Es así como el Desarrollo Sostenible proporciona uno de los enfoques más completos en donde se plantea un desarrollo que pretende integrar el enfoque, social ambiental y económico. Este fue definido por el Informe de Brundlandt en 1987:

“...el desarrollo sostenible se define como aquel que satisfaciendo las necesidades de la generación presente no compromete la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.” (Brundtland, 1987, p. 67).

De tal forma, resulta pertinente puntualizar que el desarrollo sostenible lleva implícito un modelo solidario de sociedad en su sentido más amplio desde el punto de vista espacial y temporal (Gaona, 2000). Solidaridad no sólo con las personas, si no con los seres vivos de nuestros tiempos

y de los futuros. Por lo cual, diseñar un proceso que haga todo lo posible por cubrir los siguientes aspectos: la adquisición de conocimientos, la toma de conciencia, favorecer el cambio de actitudes, la adquisición de unas capacidades y la participación en acciones de mejora ambiental es primordial para establecer nuevos modelos de crecimiento, producción y obtención de ganancias.

Ahora bien, por su parte el surgimiento de la denominada Economía Solidaria y de cada una de las alternativas de desarrollo que están encaminadas hacia el cumplimiento del desarrollo sostenible, han hecho frente a problemáticas sociales, tales como el desempleo, la desigualdad y la opresión provocadas por el sistema económico presente. De acuerdo con Arruda (2004), estas alternativas surgen como una nueva forma de organizar la economía y la sociedad en torno a la convicción de que otra economía global es posible.

### ***3.1.1.2 Economía Solidaria.***

Es así como la Economía Social Solidaria (ESS) se presenta como una solución y/o alternativa para el desarrollo de la actividad económica al incorporar como eje principal a las personas, pero también a el medio ambiente; y en consecuencia a la sustentabilidad como referencia prioritaria. La economía solidaria, en el marco de la tradición de la economía social, pretende incorporar a la gestión de la actividad económica, los valores universales que deben regir la sociedad y las relaciones entre toda la ciudadanía: equidad, justicia, fraternidad económica, solidaridad social y democracia directa. Y en tanto que una nueva forma de producir, de consumir y de distribuir, se propone como una alternativa viable y sostenible para la satisfacción de las necesidades individuales y globales y aspira a consolidarse como un instrumento de transformación social. Por último, se reconoce que la finalidad de la ESS es centrar la actividad económica en las necesidades de las personas y no en la acumulación de capital (Caracciolo, 2015).

En este sentido, la acumulación de bienes y servicios, y los cambios tecnológicos y de productividad-eficiencia, deben estar pensados, diseñados e implementados no para mejorar las ganancias de las empresas sino en función del bienestar colectivo. Sin embargo, se tiene que tener conciencia de que esta transición no será fácil. Santos y Rodríguez (2011), refieren a que en el siglo XXI el grado de aceptación del capitalismo como única alternativa de desarrollo no tiene precedentes. Sin embargo existen y han estado presentes casos de éxito en los cuales la economía solidaria ha podido ser una opción viable en donde no sólo los intereses de una especie son tomados en cuenta y es precisamente en este punto de la historia en donde nuestra sociedad tiene parte para decidir qué rumbo tiene que tomar el “desarrollo humano”.

### **3.1.2 Energías Renovables.**

Dentro de las alternativas de desarrollo que han surgido, el sector de las energías renovables representa una de las áreas de mayor oportunidad para la reducción de gases de efecto invernadero emitidas por los combustibles fósiles (IEA, 2016). Esta es definida por la FAO (2010) como la que es producida y/o derivada de fuentes que se renuevan ilimitadamente (hídrica, solar y eólica) o generada por combustibles renovables (biomasa producida de madera producida en forma sostenible).

Aunque las energías renovables permiten un desarrollo social que, en gran medida, aunque no totalmente, está desvinculado de la creciente degradación del medio ambiente (Harjanne y Korhonen, 2019), existen retos (tales como la escalabilidad, el impacto en el paisaje y la dependencia de materiales derivados de los combustibles fósiles, entre otros) para que éstas puedan llamarse energías sostenibles.

De manera particular, la biomasa presenta los siguientes retos: a gran escala amenaza la biodiversidad y los ecosistemas, su uso energético causa considerables emisiones de carbono y puede llegar a competir con la producción de alimentos. Aunque en general, estos problemas están asociados con la escalabilidad de la biomasa, estos pueden mitigarse si se produce y utiliza localmente (Harjanne y Korhonen, 2019). Por su parte, la biomasa forestal ofrece características que la posicionan como la más viable de las energías renovables (FAO, 2017).

Para fines energéticos, la FAO se refiere a la biomasa como dendrocombustible sólido o bioenergía sólida y establece que es aquella derivada del sector forestal, bosques, terrenos boscosos y arboledas (FAO, 2004). En este sentido, los bosques desempeñan un rol preponderante en el suministro de energía en el mundo, constituyendo a la dendroenergía como la más versátil de todas las energías renovables. Presentándose, así como una de las fuentes de energía más democráticas y equitativas, en marcado contraste con los hidrocarburos o la energía nuclear (Battista, Ocampo, y Passamai, 2016).

De esta forma, el uso de la madera con fines energéticos resulta importante al adquirir trascendencia más allá de lo local, además de que continúa siendo la fuente más importante de energía para los países en desarrollo (Roskopf, R., Riegelhaupt, E., Aceñolaza, P., y Rosenberger, J., 2007). Esto le confiere importancia económica y social ya que genera fuentes de empleo e ingresos significativos, sobre todo para poblaciones de bajo nivel de renta, logrando satisfacer las necesidades básicas de las poblaciones más carentes (Horgan 2002). Además las ventajas de la dendroenergía radican en su eficiencia como sumideros de carbono, su capacidad para generar empleo sobre todo en las áreas rurales y su contribución a la seguridad alimentaria, fortaleciendo la disponibilidad de alimentos a la población (FAO, 2017a).

### ***3.1.2.1 Dendroenergía.***

El término dendroenergía, en inglés Wood energy, se utiliza para designar a la biomasa forestal con la leña y el carbón vegetal, pero no el licor negro, la madera destinada a la combustión directa para producir electricidad o gases de pirólisis, los pellets, el etanol o el metanol, etc., producidos a partir de la madera (GSARS, 2016). La principal consideración detrás de la clasificación sugerida por la FAO con respecto a los recursos de biomasa es la ubicación básica de su producción, es decir, si el biocombustible estaba relacionado con la actividad forestal, agrícola o municipal (FAO, 2002).

De tal forma, que en la dendroenergía se incluyen todos los tipos de biocombustibles derivados directa e indirectamente de árboles y arbustos cultivados en terrenos forestales y no forestales. Incluyendo la biomasa derivada de actividades silvícolas (raleos, podas, entre otros) y de cosecha y tala (copas, raíces, ramas, y más), así como los subproductos industriales derivados de las industrias forestales primarias y secundarias que se utilizan como combustible (FAO, 2001).

Es considerado que la dendroenergía resulta crucial para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible, y asegurar una energía asequible, responsable, sostenida y moderna para el 2030 (FAO, 2017). Esto debido a que los dendrocombustibles presentan ventajas, tales como, la disponibilidad, autoabastecimiento, sostenibilidad, competitividad, productividad, entre algunos otros. Además, cuando estos recursos son manejados responsablemente presentan eficiencia como sumideros de carbono, capacidad para generar empleo sobre todo en las áreas rurales contribuyendo a la seguridad alimentaria al fortalecer la disponibilidad de alimentos a la población (Short y Keegan 2002). Roskopf et al., (2007) indica que por su condición cuando son

apropiadamente manejados, los recursos de biomasa son totalmente renovables y minimizan la emisión de gases de efecto invernadero.

### ***3.1.2.2 Características de la biomasa con usos energéticos.***

Cada especie arbórea cuenta con características energéticas que hacen que se determine la viabilidad de que esta pueda ser utilizada como combustible. Para la producción de carbón vegetal las variables que determinan la calidad están en función de ciertas variables, tales como: la especie, sección del árbol, dimensiones de la leña, propiedades fisicoquímicas, tipo de horno, proceso de carbonización y de las condiciones ambientales durante el proceso de elaboración (Bautista et al., 2017).

Aunque en México, la calidad del carbón se determina principalmente a partir de conocimientos empíricos relacionado con el gusto del consumidor (Carrillo, Foroughbakhch y Bustamante, 2013), la importancia de determinar su calidad radica en poder evaluar si el producto cumple con los estándares internacionales vigentes. Siendo el poder calorífico el indicador de la cantidad de energía térmica que produce un combustible al quemarse (FAO, 2006), viéndose influenciado por la composición química de la madera, el contenido de humedad, volátiles, cenizas y carbono fijo indican en términos porcentuales la calidad del carbón vegetal (Kretschmann et al., 2007).

### **3.1.3 Impacto ambiental de la producción de carbón vegetal.**

Aunque generalmente el sector del carbón es asociado con impactos ambientales negativos, este contribuye a medios de subsistencia, energía y la seguridad alimentaria para millones de personas (Iiyama et al., 2014). La recolección insostenible y la mala gestión poscosecha son las

causas principales de los impactos ambientales negativos asociados a la producción, debido a que estas prácticas insostenibles prevalecen en algunas regiones, existe un buen potencial para poder hacer más verde a la cadena de valor del carbón y, por lo tanto, generar múltiples beneficios para los medios de vida locales y el medio ambiente (FAO, 2017a).

Por ejemplo, la mejora en las tecnologías de producción y consumo podrían ser más eficientes contribuyendo así en la reducción de los impactos negativos en la producción del carbón vegetal. Por otro lado, evaluar los impactos socioeconómicos y ambientales de la cadena de valor del carbón vegetal a través de un enfoque equilibrado que incluya además del análisis de la oferta y la demanda, la evaluación del estado de los paisajes de los que depende la producción, así como de los beneficios directos en la economía local, permitiría introducir el término de sostenibilidad en esta actividad productiva (Iiyama et al., 2014).

### ***3.1.3.1 Análisis de la cadena de valor del carbón vegetal.***

La cadena de valor del carbón vegetal abarca desde la recolección y tala de la madera, carbonización de madera en hornos, transporte, comercio y distribución, así como el consumo por el usuario final. Derivado a que las emisiones de GEI se generan en distintas etapas de la cadena de valor del carbón vegetal y están determinadas principalmente por la sostenibilidad de la extracción de madera y la eficiencia de sus técnicas de producción y a falta de alternativas realistas y renovables al carbón vegetal en un futuro próximo, la ecologización de la cadena de valor del carbón vegetal resulta fundamental para mitigar los efectos del cambio climático y mantener al mismo tiempo el acceso de las familias a fuentes de energía renovable (FAO, 2017a).

El diagnóstico de la cadena productiva de carbón vegetal es de gran importancia, ya que permite identificar los factores críticos que limitan el desempeño de la misma, determinándose las causas que afectan actualmente la producción y las relaciones entre cada uno de los segmentos de la cadena (Castillo y Dupuy, 2017). El objetivo es diagnosticar el desempeño de la cadena productiva del carbón vegetal en cuanto a eficiencia, calidad, equidad, competitividad y sostenibilidad, identificando los factores críticos. La FAO propone una serie de intervenciones técnicas para una producción y utilización del carbón vegetal más limpia y eficiente (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Intervenciones técnicas para la producción del carbón vegetal más limpia propuesta por la FAO.

<i>Etapa de la cadena de valor del carbón vegetal</i>	<i>Intervención</i>
<i>Obtención de materia prima</i>	Recursos gestionados de forma sostenible Cambio a fuentes alternativas, por ejemplo, residuos forestales Trasformación del polvo de carbón en briquetas
<i>Carbonización</i>	Mejora en la gestión de hornos tradicionales para aumentar la eficiencia y utilización de hornos más eficientes.
<i>Comercialización</i>	Venta en mercados diferenciados con atribuciones ambientales.
<i>Usuario final</i>	Concientizar al consumidor final de los beneficios de adquirir carbón vegetal producido de manera sostenible.

Fuente: FAO 2017a

### ***3.1.3.2 Aprovechamiento de especies forestales poco convencionales.***

Derivado de que la biomasa ha despertado el interés por sus usos dendroenergéticos, principalmente en los países con clima tropical, se ha descubierto que existe una importante área de oportunidad para aprovechar los residuos producidos anualmente en los sectores agrícola y forestal a través de su transformación en carbón vegetal contribuyendo a quitar presión a una sola especie para su aprovechamiento (Evaristo et al., 2016).

Por ejemplo, introducción de procedimientos que estimulen el uso de carbón ligero (venta por peso, precios basados en calidad, control de especies utilizadas, etc.) podría limitar la explotación excesiva y favorecer la producción con especies de plantación, con beneficio considerable para el medio ambiente y los consumidores (Girard, 2002). En donde, además la formación profesional y medidas de supervisión podrían contribuir también a reducir la actual presión sobre las especies que producen un carbón denso. Sin embargo, a pesar de esto, en zonas rurales su potencial energético no ha sido lo suficientemente explorado (Bautista et al., 2017).

### ***3.1.3.3 Integración de grupos vulnerables en la producción del Carbón vegetal.***

Enmarcando que la producción sostenible y el uso de carbón vegetal mediante la gestión y la planificación adecuadas de las fuentes de suministro, junto con infraestructuras comerciales racionales y un uso eficiente, pueden tener también un notable efecto positivo al ayudar a conservar los recursos, reducir la migración desde zonas rurales o forestales y elevar los ingresos de la población. Resulta interesante analizar que aún con estos elementos, la transición energética no plantea ni la disminución de las desigualdades sociales, ni el reparto de la riqueza, ni la limitación del lucro, ni la igualdad de género. Sin embargo, los trabajos realizados en Níger y Malí

(Campuzano M., 2017), indican que el control de los recursos por las personas que viven en las zonas de producción de carbón puede facilitar una gestión adecuada

En cuanto al rol de participación, las mujeres generalmente desempeñan papeles importantes en la cadena de valor del carbón, pero ganan menos que los hombres. Esto debido a que en su mayoría, su participación se encuentra al principio y al final de la cadena de valor y raramente en el medio, lugar en donde se concentran en su mayoría las ganancias (FAO, 2017). Sin embargo, estas diferencias pueden ser tratadas para la integración de elementos que propicien la igualdad en esta actividad productiva, mejorando al mismo tiempo los ingresos de este grupo vulnerable.

#### **3.1.4 Grupos Multidisciplinarios para la creación de Soluciones locales.**

El planteamiento de alternativas que integren los elementos necesarios para implementar proyectos/y o actividades productivas que propicien el desarrollo local resultan más completas cuando se forman grupos multidisciplinarios que atiendan la problemática presente desde un enfoque más amplio que el de sólo una especialización. Estos permiten la creación de “innovaciones de base social”, tecnologías generadas, que surgen de la colaboración entre profesionistas expertos (los innovadores) y miembros de comunidades locales (los usuarios de la tecnología) dentro de un marco de referencia en el que la tecnología funciona como catalizador del desarrollo y sus beneficios, lo que bien puede interpretarse como una extensión de las libertades o bien un proceso de empoderamiento social (Ortiz, 2015).

De esta forma se propicia el incremento de libertades y capacidades individuales y colectivas, el empoderamiento de los grupos excluidos, el rescate e integración de los

conocimientos locales y tradicionales a los procesos de innovación, así como muchas otras metas sociales y éticas que han sido subestimadas por la visión moderna del desarrollo. Dando testimonio de esto, las enseñanzas de la lucha comunitaria forestal muestran a la categoría de comunalidad como un impulsor de lenguajes y valoración de la naturaleza, alternos a la visión de la economía global. Dicho desde otros términos, cuando el Estado interviene de manera autoritaria o violenta, genera movimientos sociales, que llegan a ser catalizadores de respuestas organizadas (como la comunalidad y modelos de organización y producción que buscan beneficios colectivos). De esta forma, estos actores sociales logran la inserción en procesos de los cuales han sido excluidos, reivindicando sus derechos en la construcción de los proyectos de la nación (Fuente, 2012).

## 3.2 Marco normativo

La producción y comercialización de carbón vegetal en México está regulada por la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Por tratarse de un producto maderable el aprovechamiento de la materia prima, la madera, se regula por los Artículos 73 a 85 de esta Ley y los correspondientes en su reglamento, mientras que la transformación y comercialización son reguladas por el Artículo 115 de esta Ley y los Artículos 93 al 110 de su reglamento (Camou, 2016). A continuación, se describen las normativas más importantes para el desarrollo de este proyecto.

### 3.2.1 Tratamientos Silvícolas.

Brasnett (1953), define al manejo forestal como el proceso de toma de decisiones que implica la aplicación práctica de la ciencia, la tecnología y la economía a una propiedad forestal, para la producción de ciertos bienes deseados en forma eficiente.

Por su parte, la Ley general de desarrollo forestal sustentable, publicada en el Diario Oficial de la Federación, DOF 25-02-2003 define al Manejo Forestal como:

*“El proceso que comprende el conjunto de acciones y procedimientos que tienen por objeto la ordenación, el cultivo, la protección, la conservación, la restauración y el aprovechamiento de los recursos y servicios ambientales de un ecosistema forestal, considerando los principios ecológicos, respetando la integralidad funcional e interdependencia de recursos y sin que merme la capacidad productiva de los ecosistemas y recursos existentes en la misma”*

El manejo forestal parte de un ordenamiento para lograr un aprovechamiento óptimo del bosque. Derivado de esto, se define a los sistemas silvícolas como un plan de actividades (tratamientos) que se aplican a un rodal desde la preparación del sitio para su regeneración hasta la cosecha final, con el fin de regenerarlo, mantenerlo, protegerlo y promover su crecimiento, existen diversos tratamientos silvícolas para los bosques Los métodos de aprovechamiento más utilizados son:

- a) Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI)
- b) Sistema de Desarrollo Silvícola (MDS)
- c) Sistema de Conservación y Desarrollo Silvícola (SICODESI)
- d) Sistema Mixto (MMOBI Y MDS)
- e) Sistema de Selección en Franjas o Pequeñas Matarrasas (Hernández, Corral, Quiñones, Bacon y Vargas, 2008).

En el estado de Oaxaca predominan el sistema Mixto, tratamiento para bosques irregulares, el cual está integrado por:

MMOBI: Consiste en seleccionar individuos de las áreas de corta, preferentemente los arboles menos rectos para su aprovechamiento. Se considera poco intensivo y permite que el bosque mantenga sus características estructurales (Hernández et al., 2008).

MDS: En este sistema de manejo se aplican varias "cortas de aclareo" en la etapa de crecimiento rápido del bosque, y al final del turno se aplica una corta intensiva llamada "corta de regeneración" (dejando en pie solamente árboles padres), para promover que se establezca la regeneración natural, misma que es liberada en el siguiente ciclo de corta (Hernández et al., 2008).

### 3.2.2 Normas de calidad para dendroenergéticos (Carbón vegetal) .

En México no existe una normatividad para los estándares de la producción de carbón vegetal. Su comercialización se basa en conocimientos empíricos: especie, duración del encendido, producción de chispas y cenizas (Carrillo et al., 2013).

Sin embargo, para exportación, el carbón vegetal tiene que cumplir con estándares y normas que regulen su calidad. Dichas exigencias van de acuerdo al mercado objetivo. Estos pueden ser agrupados fácilmente en mercados continentales: el Asiático, el Europeo y el de América del Norte, principalmente (Sánchez, 1997). En la Tabla 2 se presentan los requerimientos fisicoquímicos y la normatividad establecida por algunos países:

Tabla 2. Estándares de calidad de las características fisicoquímicas para el carbón vegetal de uso doméstico.

	<i>Japón</i>	<i>Europa</i>	<i>América del Norte</i>
<i>Normatividad</i>	-	SRPS D.B9.020 DIN 51749 GOST 7657-84 NFN N°846 E NBN M11-001	DIN EN 1860-2
<i>Contenido de humedad</i>	7.5% máximo	7 al 8%	8%
<i>Cenizas</i>	4% máximo	5 al 6%	6%
<i>Material Volátil</i>	12% máximo	10 al 12%	16%
<i>Carbono Fijo</i>	76% máximo	75 al 82%	75%

Fuente: Sánchez, 1997; Stassen, 2002.

Estos parámetros pueden ser medidos a través del método Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal ASTM D 1762-84 (reprobada en 2007), propuesto por American Standard Test Methods.



# Capítulo IV

## 4.1 Área de estudio

### 4.1.1 UZACHI.

La Unión de Comunidades Productoras Forestales Zapotecos-Chinantecos de la Sierra Juárez de R.I. (UZACHI) está integrada por cuatro comunidades: tres comunidades zapotecas (La Trinidad Ixtlán, Santiago Xiacuí y Capulálpam de Méndez) y una Chinanteca (Santiago Comaltepec) (ver logo en la Figura 1) fue creada el 14 de septiembre de 1989 como una instancia de apoyo técnico y con el propósito de aprovechar, conservar y comercializar sus recursos forestales; constituido legal y jurídicamente el 8 de marzo de 1992 como lo señala su acta constitutiva; legalmente inscrita el primero de diciembre de 1992 quedando registrado con el número 291, volumen 936, fojas 134-183 en el Registro Agrario Nacional y en el Registro Forestal Nacional: inscrita legalmente el 17 de abril de 2008.



Figura 1. Imagen empresarial UZACHI, Fuente: Archivos históricos UZACHI.

#### 4.1.1.1 Localización.

Las comunidades que conforman la UZACHI se encuentran ubicadas en la Región Sierra Norte en el Distrito de Ixtlán de Juárez, en el estado de Oaxaca (ver Figura 2) y se ubica dentro de la Región Terrestre Prioritaria (RTP) No. 130 de la CONABIO, por proporcionar una enorme gama de funciones ecosistémicas (de regulación, suministro, sumideros) y de niveles de resiliencia para enfrentar los efectos del cambio climático. Así mismo, esta considerada como área de importancia para la conservación de aves (AICA) No. 220 con una lista de 484 especies de aves reportadas para las comunidades de UZACHI. Presenta una variedad importante en ecosistemas, se puede observar desde Selvas a 2000 msnm, como bosques mesófilos de montaña y bosques de pino-encino que se desarrollan en altitudes de hasta 3 100 msnm (Zacarías y Castillo, 2010).



Figura 2. Plano de macro localización.  
Fuente: Álvarez y Rubio (2013).

#### 4.1.2 Ka Niula Yanni.

Creada en el año 2016 y en proceso de ser denominada: Sociedad de Producción Rural de Responsabilidad Limitada, Ka Niula Yanni, tiene su origen en el vocablo zapoteca y significa: mujeres trabajadoras. Es una organización comunitaria que se encarga del aprovechamiento de los recursos forestales dendroenergético a través de la producción de carbón vegetal (Ver imagen empresarial en la Figura 3). En sus inicios en el año 2013, se contaba con la participación de 43 mujeres, sin embargo, actualmente da empleo directo a cuatro mujeres que se encargan de la administración de la empresa comunitaria.



Figura 3. Logo de la organización. Fuente: Archivos de Ka Niula Yanni.

##### 4.1.2.1 Localización.

Ka Niula Yanni se ubicada en San Juan Evangelista Analco. Localidad situada en el estado de Oaxaca, en la región Sierra Norte, entre los paralelos 17°23' y 17°26' de latitud norte; los meridianos 96°30' y 96°35' de longitud oeste (Ver Figura 4); altitud entre 1 200 y 3 000 m. Colinda al norte con el municipio de San Juan Atepec; al este con los municipios de Ixtlán de Juárez y

Santa María Jaltianguis, al sur con el municipio de Santa María Jaltianguis, al oeste con el municipio de Santa Ana Yareni (INEGI, 2009).

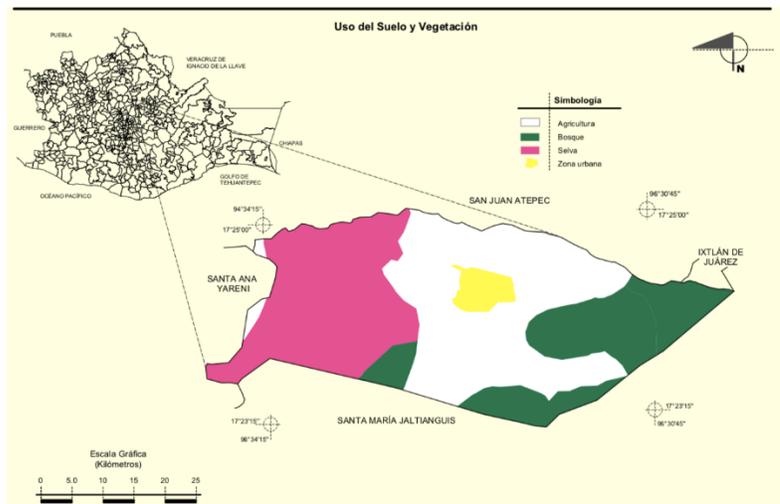


Figura 4. Macro localización de San Juan Evangelista Analco. Fuente: INEGI, 2009.

## 4.2 Metodología

### 4.2.1 Construcción de la Metodología.

Como parte del proceso del desarrollo del proyecto de investigación/intervención que se llevó a cabo en UZACHI y Ka Niula Yanni se construyó la metodología que de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2016) esta definida como mixta. Esta fue conformada por elementos de la investigación/acción propuestas por Elliot (1990), escuela de campo de IICA (2006) y la guía de análisis de experiencias en uso y acceso de energías renovables en los territorios rurales de la Región Andina por Castañeda (2014). Derivado de éstas se integraron el aporte documental histórico y/o científico y el de los distintos actores que conforman a las organizaciones. En la Tabla 3, se presenta de manera esquemática dicha metodología dividida en cuatro fases de acción, mientras que cada una de las actividades que se llevaron a cabo en cada organización son detalladas en los apartados 4.2.1.1 al 4.2.1.3.

Tabla 3. Etapas de la metodología propuesta por el autor.

<b>Fase Exploratoria</b>	1. Integración de los grupos de trabajo, CIIDIR- UNSIJ	Integración de grupo multidisciplinario: UZACHI - CIIDIR - UNSIJ Ka Niula Yanni - CIIDIR - UNSIJ	
	Caracterización general de las actividades del MFC de las organizaciones.	Búsqueda bibliográfica y documental	Dialogo con grupos enfocados. Formación del grupo de trabajo (Gelfius, 2002).

Fase Diagnóstica	<p>3. Identificación de la situación actual del aprovechamiento dendroenergético en las organizaciones</p>	<p>Identificación de los elementos técnicos, ambientales y económicos que manifiestan las organizaciones para la producción de carbón vegetal de encino.</p>	<p>Autodiagnóstico y análisis de campo de soluciones locales (Gelfius, 2002; Elliot, 2000). Identificación de soluciones locales o introducidas (Gelfius, 2002). Guía de análisis de experiencias en uso y acceso de energías renovables en la Región Andina (Castañeda, 2014).</p>
Fase de Acción	<p>4. Propuesta de Acompañamiento derivada del diagnóstico.</p>	<p>Identificar tecnologías para aprovechamiento dendroenergético eficiente para la implementación de nuevas plantas de producción dendroenergética. Corroborar la factibilidad económica de la producción de carbón vegetal de encino con la transferencia tecnológica propuesta.</p>	<p>Incorporando elementos de la metodología realizada por cada una de las organizaciones y las propuestas de las escuelas de campo (IICA, 2016) A través de un análisis financiero.</p>

			La caracterización energética del carbón se llevó a cabo de acuerdo con lo establecido en la Norma ASTM D1762-84: Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal (ASTM, 2007)
		Caracterización energética de los desechos del pino ( <i>Pinus oaxacana</i> ) para la producción de carbón vegetal.	
Fase de Análisis	5. Análisis integral de la actividad productiva como componente en la diversificación de actividades.	Aplicación de la encuesta de los criterios de verificación para evaluar de manera integral los aspectos que involucran a la actividad productiva.	Criterios de verificación propuestos por la Guía de análisis de experiencias en uso y acceso de energías renovables en la Región Andina (Castañeda, 2014).

En el mes de mayo del 2018, se realizó la invitación de colaboración, por parte de la Universidad de la Sierra Juárez (UNSIJ) al CIIDIR Oaxaca para la intervención en el desarrollo de propuestas para el aprovechamiento dendroenergético derivado del recurso autorizado para extracción en el Manejo Forestal comunitario de dos organizaciones de la Sierra Juárez. Esto, bajo la dirección del Dr. Mario E. Fuente Carrasco (Profesor Investigador de la UNSIJ y profesor Investigador invitado del CIIDIR), con la finalidad de crear una propuesta multidisciplinaria que permitiera atender las necesidades expresadas por las organizaciones.

- Se llevó a cabo una reunión para la formación del grupo de trabajo formado por agentes técnicos de UZACHI – CIIDIR – UNSIJ, en Capulálpam de Méndez, comunidad sede de las oficinas de la Unión.
- Se llevó a cabo una reunión para la formación del grupo de trabajo de carbón vegetal de Ka Niula Yanni – CIIDIR, San Juan Evangelista Analco, lugar donde se encuentran la planta de producción de carbón vegetal de encino.

#### ***4.2.1.1. Fase exploratoria.***

Para la caracterización general de las actividades del MFC de las organizaciones, se llevaron a cabo las siguientes acciones:

##### UZACHI

- Se llevaron a cabo dos talleres para la obtención de información documental en archivos históricos de la UZACHI, fuentes de información digitales e informantes clave

##### KA Niula Yann

- Se llevaron a cabo dos talleres para la obtención de información documental, fuentes de información digitales e informantes clave.

#### ***4.2.1.2 Fase Diagnóstica.***

En esta fase el objetivo fue realizar la identificación de la situación actual del aprovechamiento dendroenergético en las organizaciones a través de las siguientes actividades.

## UZACHI

- Se implementó un taller con informantes clave de la comunidad para la identificación de la situación actual de aprovechamiento dendroenergético con el grupo de trabajo conformado, información documentada por la UZACHI y fuentes de información digitales.
- Se llevó a cabo un taller autodiagnóstico de la actividad productiva de producción de carbón vegetal: deficiencias y oportunidades para el aprovechamiento dendroenergético eficiente, a través del análisis de información contextual de los principales productores que dependen directamente del recurso dendroenergético pertenecientes a la comunidad, personal técnico y fuentes de información.

## Ka Niula Gianni

- Se realizó una visita a la planta de producción de carbón vegetal, en donde a través de un taller con las integrantes se diagnosticó la situación actual de la producción de carbón vegetal.
- Se identificaron las deficiencias y oportunidades para el aprovechamiento dendroenergético eficiente en la producción de carbón vegetal.

### ***4.2.1.3 Fase de Acción.***

En esta fase, se consideró a la Investigación/ acción, ya que ésta se define como la reflexión relacionada con el diagnóstico (Elliot, 2000). Partiendo de una construcción reflexiva de

soluciones en donde a partir de un diagnóstico se lleva a cabo la acción. Se centra en la implementación de la respuesta escogida y las consecuencias esperadas e inesperadas que van haciéndose dignas de consideración, surgiendo estas soluciones de una deliberación práctica de dichas alternativas. Dicho proceso se esquematiza en la Figura 6.

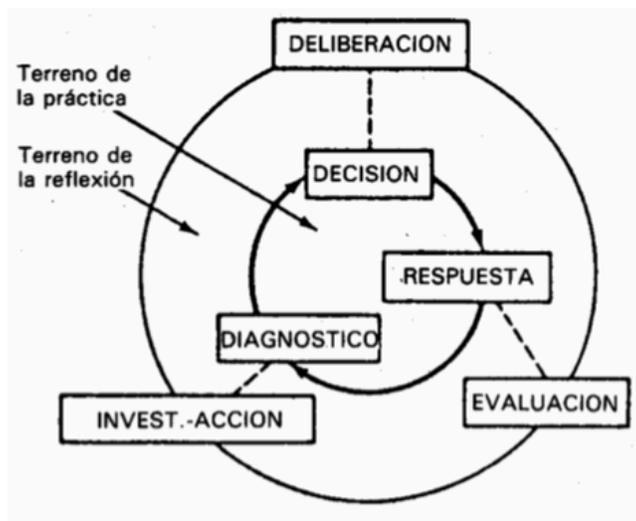


Figura 5. Deliberación descrita por OAKSHOTT (Elliot, 2000).

En términos generales, se habla de una construcción colectiva de alternativas que permiten a los actores involucrados decidir acerca de aquella que satisfaga de una manera eficiente sus necesidades. Por lo que para esta fase se elaboró la propuesta de Acompañamiento derivada de la fase exploratoria y de la fase diagnóstica. De tal forma que se realizaron las siguientes actividades:

- Se llevaron a cabo dos talleres, uno por organización, en donde se avalurón y seleccionaron las problemática que se atenderían para lograr el fortalecimiento del aprovechamiento dendroenergético.

## a) Estudio Financiero

Se realizó un estudio financiero para determinar la viabilidad económica de la producción de carbón vegetal de encino, especie tradicionalmente utilizada en la región.

### 1. Cálculo del VAN

Para el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) se procedió a la aplicación de la Ecuación 1, en donde:

i: Factor de descuento

n: Número de años de operación

$$VAN = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (\text{Ec. 1})$$

Se utilizaron dos tasas de descuento, la primera del 13% y la segunda del 15%, de igual forma para las proyecciones necesarias se consideraron 5 años, derivado a que varios autores coinciden en que el tiempo de recuperación de la inversión para un proyecto viable tiene que ser menor a este periodo.

### 2. Cálculo de la TIR

Por su parte, para el cálculo de la (Tasa Interna de Retorno), TIR se aplicó la ecuación 2.

$$TIR = t_1 + (t_2 - t_1) \left( \frac{VAN_1}{VAN_1 - VAN_2} \right) \quad (\text{Ec. 2})$$

### 3. Cálculo de la TRI

Para el cálculo del tiempo de la recuperación de la inversión (TRI), se consideraron los flujos de efectivo, respecto a la inversión total requerida. Una vez obtenidos estos datos, se

procedió a la aplicación de la ecuación 3, sustituyendo los valores correspondientes.

$$TRI = \left( \frac{\text{Período último}}{\text{con Flujo acumulado Negativo}} \right) + \left( \frac{\text{Primer flujo acumulado positivo}}{\text{Flujo de efectivo de ese periodo}} \right) \quad (\text{Ec. 3})$$

#### 4. Punto de equilibrio

Por último, otro indicador que se consideró para corroborar la factibilidad económica del proyecto fue el cálculo del punto de equilibrio, es cual, nos indica en el momento en el que los gastos son iguales a los ingresos, es decir, no se pierde ni se gana. Este aspecto es sumamente relevante derivado del tipo de organizaciones con las que se trabajó, ya que, si bien el margen de utilidad en este punto no existe, permite que las operaciones de la planta productivas continúen y por lo tanto que se mantenga la generación de empleos locales.

Para obtener este, se aplicó la ecuación 4. Respecto al punto de equilibrio en ventas totales, se aplicó la ecuación 5.

$$\%PE = \frac{CF}{VT - CV} * 100 \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

(%)PE: Punto de equilibrio

CF: Costos Fijos

VT: Ventas Totales

CV: Costos Variables

$$PE = \%PE * VT \quad (\text{Ec. 5})$$

## b) Caracterización energética

Se realizó la toma de muestras y se realizó trabajo experimental en laboratorio para determinar la calidad del carbón vegetal producido a partir de (Pinus Oaxacana) de acuerdo con lo establecido en la Norma ASTM D1762-84: Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal (ASTM, 2007). A continuación se describe dicho procedimiento:

### 1. Cálculo del rendimiento de madera de pino (Pinus oaxacana).

Para el cálculo de rendimiento de madera de pino en su transformación en carbón, se realizaron pruebas a nivel laboratorio. Se tomaron cubos de madera de aproximadamente 1.5 cm por lado, y estos fueron pesados en estado anhidro. Posteriormente se introdujeron 4 cubos en cada uno de los reactores metálicos, que al estar cerrados por la parte posterior y tener una puerta movедiza en la parte frontal permitió la ausencia de oxígeno durante en proceso de combustión. Una vez cerradas las tapas de los reactores y con las muestras dentro, se introdujeron en una muela digital Thermolyne® a 450°C por 30 minutos. Una vez transcurrido el tiempo, se colocaron en un recipiente con grava hasta que se enfriaron completamente. Por último, se extrajeron las muestras de cada reactor y se pesaron en una balanza analítica, para finalmente evaluar el rendimiento, utilizando la ecuación 6 (ASTM, 2007b).

$$R_{to} = \left( \frac{P_{0c}}{P_{0M}} \right) \times 100 \quad (Ec. 6)$$

Donde:

R<sub>to</sub>: Rendimiento (%)

$P_{0c}$ : Peso anhidro del carbón (g)

$P_{0M}$ : Peso anhidro de la madera (g)

## 2. Determinación del contenido de humedad

Para la determinación del contenido de humedad, se limpió y taró un crisol marcado de 10 ml para cada muestra, en una mufla digital a 750 °C durante 10 minutos. Posteriormente se dejó enfriar en un desecador por 1 hora y se procedió a su pesado (A) en una balanza analítica. Una vez pesados, se añadió 0.5 g de carbón previamente pulverizado y tarado a cada uno de los crisoles y se introdujeron a un horno a 105 °C por 2 horas. Una vez transcurrido el tiempo se sacaron las muestras y se pusieron dentro del desecador por una hora, después de transcurrido el tiempo se pesó nuevamente (B) y se obtuvo el peso anhidro de la muestra de carbón. Los datos registrados permitieron calcular el contenido de humedad mediante la ecuación 7 (ASTM, 2007c).

$$CH = \left( \frac{A - B}{A} \right) \times 100 \quad (Ec. 7)$$

Donde:

CH: Contenido de Humedad (%)

A: Peso de la muestra (g).

B: Peso de la muestra después del secado a 105° (g)

## 3. Contenido de Volátiles

Utilizando los mismos crisoles y muestras de la prueba de contenido de humedad. Se introdujeron con tapa a una mufla digital a 950°C por 6 minutos. Una vez transcurrido el tiempo se

extrajeron para reposar durante una hora en el desecador. Finalmente, se les quitó la tapa y se pesaron (C). Se aplicó la ecuación 8 (ASTM, 2007c) y se obtuvo el contenido de volátiles.

$$MV = \left( \frac{B-C}{B} \right) \times 100 \quad (Ec. 8)$$

Donde:

MV: Material Volátil (%)

C: Peso de la muestra B después del secado a 950°C (g).

#### 4. Contenido de Cenizas

Nuevamente se utilizaron los crisoles con los especímenes utilizados, y estos se introdujeron en la mufla a 750°C durante 8 horas, sin tapa. Una vez transcurrido el tiempo se extrajeron de la mufla para después ser introducidos con tapa en el desecador por 1 hora. Posteriormente, se le quitaron las tapas y se pesó cada una de las muestras en la balanza analítica (D). Aplicando la ecuación 9 (ASTM, 2007c), se determinó el contenido de cenizas.

$$CC = \left( \frac{D}{B} \right) \times 100 \quad (Ec. 9)$$

Donde:

CC: Contenido de Cenizas

D: Peso de los residuos (g)

## 5. Carbono fijo

El carbón fijo (CF) se calculó derivado de la diferencia del porcentaje del material volátil y el contenido de cenizas, aplicando la ecuación 10 (Vargas et al., 2017).

$$CF = 100 - (CC+MV) \quad (Ec. 10)$$

Donde:

CF: Carbono Fijo

## 6. Poder Calorífico

El poder calorífico superior (PCS) se determinó con cubos de carbón de 1.5 cm de lado. Se realizaron 10 repeticiones y se utilizó un calorímetro de chaqueta plana 1341 Parr® con base en la norma ASTM E711 (ASTM, 2000).

- **Selección de la muestra:** Se seleccionó carbón producido en horno de metal tipo japonés mejorado y del carbón producido a nivel de laboratorio.
- **Pesado de la muestra:** Se pesó cuidadosamente cada cubo de carbón vegetal en una balanza analítica OHAUS. Posteriormente se colocó la muestra previamente pesada en el crisol de metal que va al interior de la bomba calorimétrica.
- **Alambre de cocción:** Se cortaron 8 cm de alambre de cocción para cada muestra. Dicho alambre se conectó a las terminales de la bomba, con suficiente holgura para permitir que el alambre de cocción mantenga contacto con la muestra.

- **Oxígeno:** Una vez cargada la muestra y conectada por medio del alambre de cocción, se selló la bomba. Una vez sellada, se cargó con oxígeno a una presión constante entre 20 y 30 atm (2,03 y 3,04 MPa).
- **Armado del calorímetro:** Se añadieron 2 litros de agua destilada en la charola plana que se colocó dentro del calorímetro. Se procedió a colocar la bomba ya cargada con la muestra y el oxígeno dentro de la charola ya puesta en el calorímetro, de tal forma que quedará totalmente saturada con el agua destilada. Por último, se ensamblaron las terminales del calorímetro a la bomba y una vez sellado se procedió al encendido del agitador y del termómetro de alta precisión. El agitador se dejó encendido por 3 minutos aproximadamente hasta que el agua se mantuvo a una temperatura constante.
- **Obtención de resultados:** Se registraron las temperaturas calorimétricas a intervalos de 30 segundos durante 5 minutos. En el minuto 5 se accionó la unidad de encendido y se registró a partir de ese minuto la temperatura cada 10 segundos. Después de un periodo de 5 minutos, en el minuto 10, se comenzó con el registro de las temperaturas nuevamente cada 30 segundos por 4 minutos y medio.

#### ***4.2.1.4 Fase de Implementación.***

Para esta fase, se consideró a la metodología empleada por las escuelas de campo, ya que, en primera instancia, estas propician el desarrollo de los pequeños productores. Esto por medio de la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes que les son útiles para enfrentar los problemas que se originan en su lugar de trabajo. Esta metodología recoge las herramientas necesarias para que, a través del conocimiento local y la información técnica al alcance, se lleve a cabo una mejora productiva (IICA, 2016). Dicho proceso se esquematiza en la Figura 6.

Derivado de los resultados obtenidos en la fase de acción se realizaron dos reuniones, una por organización, en donde se presentaron los resultados de los estudios elaborados. Esto, con la finalidad de que se tomarán acciones que permitan que el aprovechamiento dendroenergético sea un componente clave en el aprovechamiento del recurso forestal derivado del MFC que se realizan en las comunidades a las que las organizaciones pertenecen.



Figura 6. Diagrama del funcionamiento de la metodología escuelas de campo.

Fuente: Presentación José Valdivieso (Rainforest Alliance) en el Taller Regional Andino de Metodologías de Transferencia Tecnológica en Cacao. ACCESO. Bucaramanga, Colombia (IICA, 2016).

Cada una de las fases implementadas giraron en torno a los criterios de elegibilidad propuestos por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), en la cual, se toman como criterios mínimos, la inclusión, el asertividad y la replicabilidad, tomando en cuenta

los impactos desde el punto de vista tecnológico, socioeconómico y ambiental y los aportes a la gestión del conocimiento (Ver Figura 7). En donde, además, la premisa es contribuir al desarrollo sostenible, con lo cual, gracias al acceso a las energías renovables, se crean condiciones de competitividad, contribuyendo así con la mitigación del cambio climático (Castañeda, 2014). Esta guía se basa en la transferencia tecnológica de las actividades productivas bajo 3 principios: 1). La creación de condiciones de competitividad; 2. La contribución a la mitigación del Cambio climático y 3. La creación de condiciones de Acceso a energías renovables. El compromiso del MFC y de cada una de las actividades que derivan este, se encuentra estrechamente vinculadas con el desarrollo sostenible y por ende a la mitigación del cambio climático, buscando así que las actividades productivas que se realizan se fundamenten en los ejes no sólo económicos, sino también en los sociales y ambientales.

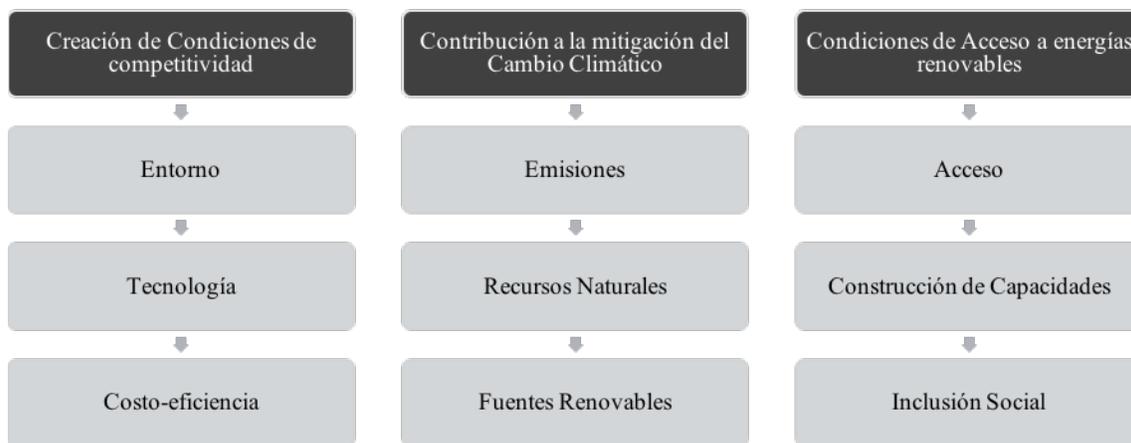


Figura 7. Criterios de elegibilidad para la transferencia de tecnología. Fuente: Guía de análisis de experiencias en uso y acceso de energías renovables en la Región Andina (IICA, 2013).

### **3.2.1.5 Fase de Análisis.**

Para la fase de evaluación se considerarán los criterios propuestos por IICA, (2013). En donde a través de un formato tipo encuesta, se evaluó que el proyecto cumpliera con los aspectos necesarios para la creación de condiciones y del desarrollo de las ventajas competitivas en torno al aprovechamiento de energías renovables (Ver Anexo 1).

#### **a) Indicadores**

Por su parte, los indicadores que ayudaron a medir-evaluar la pertinencia del trabajo de tesis se encuentran dentro de la perspectiva del manejo forestal comunitario siguiendo las Normas de Certificación del Consejo de Administración Forestal, por sus siglas en inglés Normas FSC (Council, 2001). Por lo cual, se contemplaron los siguientes aspectos:

- Una vez que el manejo forestal este orientado hacia el fortalecimiento y la diversificación de la economía local, se debe evitar la dependencia de un único producto forestal.
- La tasa de cosecha de productos forestales no deberá exceder los niveles que puedan ser permanentemente mantenidos.



# Capítulo V

## 5.1 Resultados

### 5.1.1 Aprovechamiento del recurso forestal en las organizaciones.

A través de la búsqueda documental del aprovechamiento del recurso forestal en las organizaciones se recabaron los siguientes datos que resultan relevantes para el proyecto de intervención desarrollado en la UZACHI y Ka Niula Yanni, en las cuales se hace una breve descripción de las especies predominantes en los bosques de la Sierra Juárez.

En el estado de Oaxaca, hay dos especies que tienen alta importancia en el sector forestal: el pino (*Pinus*) y el encino (*Quercus*) (particularmente desde el punto de vista económico, producto de las buenas características morfológicas (Del Castillo et al., 2004; CONAFOR, 2007). Específicamente en la Sierra Juárez, se ha encontrado que *P. patula* y *P. pseudostrobus* (*oaxacana entre otras*), presentan una mayor abundancia y distribución con respecto a otras especies, lo cual confirma lo reportado por Ríos (2016).

Las especies de encino presentes en la región son: *Quercus crassifolia*, *Quercus rugosa* y *Quercus laurina*. Mientras que para el caso del pino se distribuyen de la siguiente manera: *Pinus* *oaxacana* Mirov, *P. patula* Schl. et Cham., *P. patula* var. *longepedunculata* Look, *P. pseudostrobus* Lindl., *P. rudis* Endl., *P. douglasiana* Martínez, *P. teocote* Schl et Cham., *P. ayacahuite* Schl. y *P. leiophylla* Schl et Cham (Castellanos, 2010). De estas especies, *P. patula* presenta la mayor abundancia y distribución, seguida por *P. pseudostrobus* var. *pseudostrobus*, que es la segunda especie en abundancia.

Sin embargo, la especie preferida para usos energéticos es *Quercus* spp., debido a ciertas características de preferencia del consumidor; no genera tanto humo, hace brasa y es considerada

como leña “maciza”, ya que dura más que la de otras especies. Por otra parte, rectificando lo expuesto por Contreras (2003), la especie *Quercus* spp. es la predominante en el monte.

#### **5.1.1.1 UZACHI.**

A través de la formación del grupo de trabajo y con participación del comité técnico de la Unión, se obtuvo información que permitió contextualizar el aprovechamiento forestal comunitario de las organizaciones.

Después de la etapa de las concesiones forestales las comunidades de la sierra Juárez se enfrentaron a un gran reto el cual implicaba manejar sus recursos naturales por sí mismo (Bray y Merino, 2004), es así como en el año de 1989 se agrupan cuatro comunidades (Santiago Comaltepec, Capulálpam de Méndez, Santiago Xiacuí y La Trinidad Ixtlán) y forman la Unión de Comunidades Productoras Forestales Zapotecos-Chinantecos de la Sierra Juárez (UZACHI), la cual tiene como objetivo principal la organización para un correcto aprovechamiento de sus recursos naturales. En el año de 1993-2003 se logra el primer programa de manejo forestal (PMF) con una vigencia de diez años donde se aprovechaban volúmenes muy bajos de sus recursos forestales disponibles. Del año 2003 al año 2013 se aprueba el segundo PMF con volúmenes de extracción de encino que van de los 2500  $m^3$  a los 3000  $m^3$  anuales por comunidad. Actualmente las comunidades se encuentran ejecutando su tercer programa de manejo donde los volúmenes autorizados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales van de 5 000  $m^3$  a 13 000  $m^3$ , alineándose a las estrategias nacionales para la producción y productividad (Markopoulos, 1999).

### *5.1.1.2 Ka Niula Yanni*

Por su parte, en la organización de Ka Niula Yanni se obtuvo la información a través de fuentes bibliográficas que permitieron la contextualización del aprovechamiento forestal que se lleva a cabo en su comunidad. En el año, 2005 San Juan Evangelista Analco, incursiona en el manejo de sus bosques a través de la elaboración del Plan de Ordenamiento Territorial Comunitario (POTC) y el desarrollo de trabajos de saneamiento y restauración de las áreas afectadas por plagas entre el 2006 al 2011, teniendo como fortaleza la organización comunitaria y el claro objetivo del desarrollo local a través del manejo sustentable de los bosques.

De esta manera en el año 2013 la comunidad obtiene la autorización por parte de la SEMARNAT de su programa de manejo forestal maderable, en la cual se plantea la atención de cuatro aspectos importantes del bosque: el aprovechamiento forestal ordenado, la protección del agua, la conservación de especies de flora y fauna y la restauración de áreas degradadas (Martínez, 2016).

Entre otras iniciativas, en el año 2010 se concluyó con la elaboración del estatuto comunal en la que se estableció como prioritaria la elaboración del Programa de Manejo Forestal Maderable (PMFM) con la finalidad de atender y reducir el riesgo a plagas y además generar recursos económicos para el desarrollo de la comunidad (PMFM, 2013). A partir de ello, se elabora el primer PMFM que fue aprobado en el año 2013, enmarcando el inicio de un proceso de ordenación y manejo de sus bosques, con un  $2,672 m^3$ , de madera autorizada para extracción (CONAFOR, 2015). Con el PMFM se inicia una diversificación de actividades productivas en las que se incorpora el aprovechamiento forestal con fines comerciales y la creación formal de empresas

comunitarias dentro del cual destaca el ecoturismo “Latzii-Duu” y la empresa productora de carbón vegetal administrada por un grupo de mujeres comuneras (Martínez, 2016).

En cuanto a los servicios que el MFC proporciona, a través de un taller participativo se encontró que en términos generales el manejo forestal comunitario en las dos organizaciones funge una serie de actividades que están encaminadas a los criterios presentados en la Tabla 3. Siendo estos, los ejes rectores que permiten el establecimiento de las actividades productivas en cada una de las organizaciones.

Tabla 4. Criterios que atiende el MFC.

<i>Criterio</i>	<i>Descripción</i>
<i>Recuperar la estructura y calidad del bosque después de las concesiones.</i>	Derivado de la mal aplicación del método mexicano de ordenación de montes, donde se extrajeron individuos con las mejores características y solamente la especie de <i>pinus</i> , convirtiendo bosques de pino encino a bosques de encino pino lo que repercutió en un cambio de estructura y composición del bosque provocando así su degradación. Por lo cual con los tratamientos intensivos que se están aplicando hoy en día se pretende recuperar la estructura inicial que



	promueva la preservación de la diversidad biológica.
<i>Regenerar las masas forestales</i>	Un aspecto principal del manejo forestal es la permanencia continua del recurso. Mediante la aplicación de tratamientos silvícolas a través de la renovación de las masas forestales sin dejar que envejecan y sean susceptibles a plagas, enfermedades e incendios.
<i>Aprovechar la calidad productiva del bosque.</i>	De acuerdo con los datos de campo tomados durante los inventarios forestales y después de hacer el procesamiento de dicha información se determinó la capacidad productiva del bosque mediante la generación de índices de sitio donde se demuestra la capacidad que tiene el bosque de recuperar el volumen que se remueve anualmente. Es así como se toma la decisión de aplicar tratamientos intensivos.



### *Dar protección a otros recursos*

El buen manejo de los recursos forestales no solamente conlleva a la generación de madera, la renovación constante de las masas permite dar protección a otros recursos que, aunque no tengan un valor comercial si tienen gran importancia para la subsistencia de la vida el ser humano, entre ellos encontramos la producción de oxígeno, captación y retención de agua, protección al suelo, hábitat para flora y fauna, etc.

Fuente: elaboración propia en colaboración con el equipo técnico de la UZACHI.

## 5.1.2 Aprovechamiento dendroenergético en las organizaciones.

### 5.1.2.1 UZACHI.

En las comunidades que integran a la UZACHI a través del tiempo los comuneros han elaborado carbón vegetal de encino, por lo cual conocen técnicas tradicionales de producción mediante el sistema de hornos de tierra (Ver Figura 8). Sin embargo, Rivera (2015), expone que este método resulta poco eficiente y a la larga puede traer efectos negativos al suelo.



Figura 8. Producción de Carbón vegetal en hornos de tierra. Fuente: archivos de la UZACHI.

A través del taller participativo con la comunidad se identificó que debido a los incrementos en los volúmenes de madera a remover (pino y encino) y con la finalidad de aplicar los tratamientos como se encuentran prescritos en el Plan de Manejo Forestal; es necesario que si se desea ampliar la capacidad productiva de carbón vegetal en sus comunidades, realizar la transferencia de esta tecnología a una más eficiente en donde el aprovechamiento de los recursos se realice de una

manera controlada maximizando los beneficios de la cadena de Valor del Carbón Vegetal. En la Tabla 4, se evaluó la factibilidad económica de dos tecnologías probadas en la región y se determinó que los hornos de media naranja proporcionan las características técnicas que permitirán realizar el aprovechamiento dendroenergético de una manera más eficiente ya que en los hornos tradicionales se observaron pérdidas de hasta el 30% de la materia prima, considerando que por cada  $m^3$ , se obtienen 124 kg, mientras que en los hornos de media naranja se llegan a obtener rendimientos mayores del 25%, con 165 kg por cada  $m^3$ .

Tabla 5. Costos de producción de carbón vegetal con dos tecnologías.

<i>Actividad</i>	<i>Horno tradicional /</i>	<i>Horno de media</i>
	<i>in situ (\$)</i>	<i>naranja (\$)</i>
<i>Troceo, cargado de leña y flete</i>	\$ 200.00	\$ 133.00
<i>Combustible (Vehículo y motosierra)</i>	\$ 63.00	\$ 148.00
<i>Elaboración del cajete</i>	\$ 67.00	\$ -
<i>Apilado de la madera y encendido del horno (mano de obra)</i>	\$ 67.00	\$ 67.00
<i>Tiempo que transcurre en que la leña se convierte en carbón (mano de obra).</i>	\$ 200.00	\$ 67.00
<i>Tiempo de enfriamiento (mano de obra).</i>	\$ 33.00	\$ 33.00
<i>Descarga del horno y envasado (mano de obra).</i>	\$ 67.00	\$ 67.00
<i>Tramite de remisiones forestales</i>	\$ 83.00	\$ 42.00
<i>Derecho de monte /Materia prima</i>	\$ 100.00	\$ 100.00
<i>TOTAL (pesos mx)</i>	\$ 880.00	\$ 657.00

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2.1 Ka Niula Yanni.

Por su parte, Ka Niula Yanni, cuenta con una planta de producción de carbón vegetal semi industrial de 7 hornos tipo Rabo Quente (similares a los de media naranja, ver Figura 9). Cada uno procesa 9 m<sup>3</sup>. debido a que el proyecto fue dimensionado para que al operar al 100% de su capacidad, la planta será capaz de procesar el 50% del encino autorizado para extracción de la comunidad, es decir 1500 m<sup>3</sup> anuales aproximadamente (CONAFOR, 2015).



Figura 9. Planta de producción de Ka Niula Yanni. Fuente: Elaboración propia.

En el año 2018 las productoras realizaron estudios con la ayuda de la UNSIJ, para determinar la calidad del carbón vegetal producido en sus hornos. De esta forma corroboraron que



el carbón que producen cumple con los estándares de calidad de los mercados internacionales (Datos de la UNSIJ no publicados). Sin embargo, en la actualidad la organización, presenta un adeudo ante el comisariado de bienes comunales por \$60,000.00 por costos de materia prima, dejando en déficit su capacidad financiera y poniendo en duda la viabilidad de la producción de carbón vegetal en su comunidad.

### 5.1.3 Análisis financiero de la producción de carbón vegetal de encino.

Derivado del diagnóstico, resultó primordial elaborar un estudio financiero que permitiera corroborar la viabilidad financiera de la producción de carbón vegetal de encino. Ya que, mientras UZACHI, quería implementar una actividad que aparentemente resultaría viable, Ka Niula Yanni presentaba dificultades que podrían obstaculizar a la implementación del aprovechamiento dendroenergético a una escala comercial en la región. Repercutiendo en la diversificación de las actividades productivas derivadas del MFC.

Para el estudio financiero se propuso la construcción de 3 hornos de media naranja con capacidad de 9 m<sup>3</sup> cada uno. Siendo la primera fase de aprovechamiento dendroenergético para la organización. Estos hornos cuentan con la capacidad para aprovechar el 33% de recurso forestal de encino de la comunidad de Santiago Xiacuí, lo que corresponde a 540 m<sup>3</sup> al año, destinados para la producción de carbón vegetal.

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 5, y considerando que cada metro cúbico de madera nos proporciona 165 kg de carbón, y la capacidad del horno es de 9 metros cúbicos obtenemos que cada horno tiene una capacidad de producción de 1485 Kg de carbón vegetal. Conociendo que la producción es de \$657.00 (Ver Tabla 5), al realizar las operaciones correspondientes obtenemos que el costo del kilogramo es de \$0.45. Por lo que se espera que si la planta trabaja al 100% de su capacidad productiva los costos de producción serían de \$40,095. Tal y como se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. Costos de producción anuales.

<i>Artículo</i>	<i>Precio (\$)</i>	<i>Total (\$)</i>
89,100	0.45	\$40,095.00

Considerando la venta a pie de horno en el mercado regional, el precio del Kg se fijó en \$5.00, compitiendo así con los precios a pie de horno de la región y teniendo un margen de utilidad considerable, de acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 3. Lo cual, permite que posteriormente el carbón vegetal de la Sierra Juárez pueda ingresar en el mercado convencional; donde los precios por kg rondan los \$20.00. En la Tabla 6 se presenta el presupuesto de los ingresos anuales esperados los cuales alcanzan los \$445,500.00

Tabla 7. Presupuesto de Ingresos anuales.

<i>Artículos (kg)</i>	<i>Precio de Venta (\$)</i>	<i>Total (\$)</i>
89,100	\$5.00	\$445,500.00

Posteriormente se definió el monto total de la inversión requerida para el inicio de operaciones de la planta de producción de carbón vegetal. Siendo la inversión total de \$330,760.00, ver Tabla 7.

Tabla 8. Monto total de la inversión para el proyecto.

<i>Rubro</i>	<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo Unitario (\$)</i>	<i>Inversión total (\$)</i>
<i>Construcción</i>	Construcción de 3 hornos media naranja	Lote	1	\$ 200,000.00	\$ 200,000.00
<i>Maquinaria y equipo</i>	Motosierra	Pieza	2	\$ 12,480.00	\$ 24,960.00
	Hachas	Pieza	5	\$ 260.00	\$ 1,300.00
	Cuñas	Pieza	5	\$ 156.00	\$ 780.00
	Marro	Pieza	3	\$ 312.00	\$ 936.00
	Carretillas	Pieza	3	\$ 624.00	\$ 1,872.00
	Tinas metálicas	Pieza	5	\$ 624.00	\$ 3,120.00
	Manguera	Metro	100	\$ 15.60	\$ 1,560.00
	Palas	Pieza	5	\$ 270.40	\$ 1,352.00
	Picos	Pieza	5	\$ 416.00	\$ 2,080.00
		Equipo de protección (Guantes, lentes de seguridad, mascarillas, cascos, mandiles)	Lote	5	\$ 1,560.00
<i>Mobiliario y equipo de oficina</i>	Material de oficina	Lote	1	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00
<i>Gastos de instalación hidráulica y sanitaria</i>	Construcción de un cuarto con baño	Lote	1	\$ 40,000.00	\$ 40,000.00
<i>Gastos preoperativos</i>	Constitución legal, permisos y registros	Lote	1	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00
				<b>Total</b>	<b>\$ 330,760.00</b>

Posteriormente se obtuvo el presupuesto de costos fijos anuales de la empresa, los cuales corresponden a los gastos de venta y administración del producto (Ver Tabla 9).

Tabla 9. Presupuesto de costos fijos anuales de la empresa: Gastos de Venta y Administración.

<i>Concepto</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Sueldos</i>	\$ 96,000.00	\$ 96,000.00	\$ 96,000.00	\$ 96,000.00	\$ 96,000.00
<i>Previsión social</i>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<i>Honorarios</i>	\$ 53,800.00	\$ 53,800.00	\$ 53,800.00	\$ 53,800.00	\$ 53,800.00
<i>Combustibles</i>	\$ 32,000.00	\$ 32,000.00	\$ 32,000.00	\$ 32,000.00	\$ 32,000.00
<i>Papelería</i>	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
<i>Arts. Limpieza</i>	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
<i>Mantenimiento</i>	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00
<i>Amortización</i>	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<i>Depreciación</i>	\$ 18,576.00	\$ 18,576.00	\$ 18,576.00	\$ 18,576.00	\$ 18,576.00
<i>Diversos</i>	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
<i>Total</i>	\$220,376.00	\$220,376.00	\$220,376.00	\$220,376.00	\$220,376.00

Con el fin de realizar la proyección del estado de resultados y flujo de efectivo se obtuvieron los montos correspondientes a la depreciación y amortización del proyecto (Ver Tabla 9).

Tabla 10. Depreciación y Amortización

<i>Concepto</i>	<i>Importe</i>	<i>% dep</i>	<i>Anual</i>	<i>Vida Util</i>	<i>Salvamento</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Depreciación</i>										
<i>Hornos</i>	\$150,000.00	5	\$7,500.00	20		\$7,500.00	\$7,500.00	\$7,500.00	\$7,500.00	\$7,500.00
<i>Maq. Equipo</i>	\$45,760.00	10	\$4,576.00	10	6,000.00	\$4,576.00	\$4,576.00	\$4,576.00	\$4,576.00	\$4,576.00
<i>Mob. Eq. Of.</i>	\$20,000.00	10	\$2,000.00	10		\$2,000.00	\$2,000.00	\$2,000.00	\$2,000.00	\$2,000.00
<i>Construcción</i>	\$50,000.00	5	\$2,500.00	20		\$2,500.00	\$2,500.00	\$2,500.00	\$2,500.00	\$2,500.00
<i>Instalación</i>	\$40,000.00	5	\$2,000.00	20		\$2,000.00	\$2,000.00	\$2,000.00	\$2,000.00	\$2,000.00
<i>Hid</i>										
<i>Total</i>	\$305,760.00		\$18,576.00			\$18,576.00	\$18,576.00	\$18,576.00	\$18,576.00	\$18,576.00
<i>Amortización</i>										
<i>No aplica</i>	\$0.00	5	\$0.00			\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
<i>Total</i>	\$0.00		\$0.00			\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00

Una vez que se obtuvieron los cálculos presentados anteriormente se establecieron el estado de resultados y flujo de efectivo proyectados para los primeros 5 años de operación de la planta (Ver Tabla 10). Obteniendo flujos de efectivo anuales de \$162,290.00.

Tabla 11. Estado de Resultados y flujos de efectivo.

<i>Concepto</i>	<i>Montos</i>				
	<i>Años</i> 1	2	3	4	5
<i>Ventas</i>	\$445,500.00	\$445,500.00	\$445,500.00	\$445,500.00	\$445,500.00
<i>Costo Variable</i>	\$40,095.00	\$40,095.00	\$40,095.00	\$40,095.00	\$40,095.00
<i>Utilidad Bruta</i>	\$405,405.00	\$405,405.00	\$405,405.00	\$405,405.00	\$405,405.00
<i>Gastos de operación</i>					
<i>Gastos. Fijos de admón. y Venta</i>	\$220,376.00	\$220,376.00	\$220,376.00	\$220,376.00	\$220,376.00
<i>Utilidad</i>	\$185,029.00	\$185,029.00	\$185,029.00	\$185,029.00	\$185,029.00
<i>Gastos financieros</i>	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
<i>Utilidad antes de Impuestos</i>	\$185,029.00	\$185,029.00	\$185,029.00	\$185,029.00	\$185,029.00
<i>ISR</i>	\$55,508.70	\$55,508.70	\$55,508.70	\$55,508.70	\$55,508.70
<i>Utilidad neta</i>	\$129,520.30	\$129,520.30	\$129,520.30	\$129,520.30	\$129,520.30
<i>Flujo de Efectivo</i>					
<i>Utilidad neta</i>	\$129,520.30	\$129,520.30	\$129,520.30	\$129,520.30	\$129,520.30
<i>Depreciación</i>	\$18,576.00	\$18,576.00	\$18,576.00	\$18,576.00	\$18,576.00
<i>Amortización</i>	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
<i>Valor de salvamento</i>	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
<i>Pagos de capital</i>	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
<b><i>Flujos netos de efectivo</i></b>	<b>\$110,944.30</b>	<b>\$110,944.30</b>	<b>\$110,944.30</b>	<b>\$110,944.30</b>	<b>\$110,944.30</b>

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del Valor Actual Neto se obtuvieron los datos presentados en la Tabla 12.

Tabla 12. Cálculo del Valor Actual Neto

	<i>Flujo de efectivo</i>	<i>Factor de descuento</i>	<i>Flujo descontado</i>	<i>Factor de descuento</i>	<i>Flujo descontado</i>
	$\frac{1}{(1+i)^n}$	0.13		0.6	
		1	-\$ 330,760.00	1	-\$ 330,760.00
<i>1</i>	\$ 110,944.30	0.88495575	\$ 98,180.80	0.625	\$ 69,340.19
<i>2</i>	\$ 110,944.30	0.78314668	\$ 86,885.66	0.390625	\$ 43,337.62
<i>3</i>	\$ 110,944.30	0.69305016	\$ 76,889.97	0.24414063	\$ 27,086.01
<i>4</i>	\$ 110,944.30	0.61331873	\$ 68,044.22	0.15258789	\$ 16,928.76
<i>5</i>	\$ 110,944.30	0.54275994	\$ 60,216.12	0.09536743	\$ 10,580.47
		VAN 1	<b>\$ 59,456.76</b>	VAN 2	<b>-\$ 163,486.95</b>

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, para el cálculo de la (Tasa Interna de Retorno), TIR se aplicó la ecuación 2. Obteniendo como resultado de una TIR del 25%. Para el cálculo del tiempo de la recuperación de la inversión (TRI), se consideraron los flujos de efectivo obtenidos en la tabla 11 y respecto a la inversión total requerida. De esta forma, se obtuvieron los flujos acumulados netos (Ver tabla 12), dando como resultado flujos positivos para el tercer año.

Tabla 13. Flujos acumulados del proyecto.

Años	Flujo de efectivo	Flujo acumulado
		-\$ 330,760.00
1	\$ 110,944.30	-\$ 219,815.70
2	\$ 110,944.30	-\$ 108,871.40
3	\$ 110,944.30	\$ 2,072.90
4	\$ 110,944.30	\$ 113,017.20
5	\$ 110,944.30	\$ 223,961.50

Una vez obtenidos estos datos, se procedió a la aplicación de la ecuación 3, sustituyendo los valores correspondientes y dando como resultado un período de recuperación de 2 años.

$$TRI = \left( \frac{\text{Período último}}{\text{con Flujo acumulado Negativo}} \right) + \left( \frac{\text{Primer flujo acumulado positivo}}{\text{Flujo de efectivo de ese periodo}} \right) \quad (\text{Ec. 3})$$

Por último, otro indicador que se consideró para corroborar la factibilidad económica del proyecto fue el cálculo del punto de equilibrio, es cual, nos indica en el momento en el que los gastos son iguales a los ingresos, es decir, no se pierde ni se gana. Este aspecto es sumamente relevante derivado del tipo de organizaciones con las que se trabajó, ya que, si bien el margen de utilidad en este punto no existe, permite que las operaciones de la planta productivas continúen y por lo tanto que se mantenga la generación de empleos locales.

Para obtener este, una vez que la ecuación 4 se determinó que, para el primer año, de las ventas totales, el 55% es empleado para el pago de los costos fijos y variables y el porcentaje

restante (45%) es la utilidad que obtendría el grupo. Respecto al punto de equilibrio en ventas totales, se aplicó la ecuación 5, en donde se obtuvo que en el primer año el grupo debe vender por lo menos \$243,545.05 pesos para no perder ni ganar.

En términos generales y de acuerdo con la evaluación financiera de la propuesta del proyecto indica una rentabilidad financiera en la producción del carbón vegetal, donde el Valor Actual Neto proyectado a 5 años es mayor a cero, por lo tanto, se considera que es viable de llevarse a cabo ya que se maximizaría la inversión en \$330,760.00. Con una tasa interna de retorno del 25%, se garantiza la viabilidad del proyecto ya que esta es mayor a la tasa utilizada en el cálculo del factor de descuento, la cual fue del 13%. Al revisar la TIR comprobamos que dicha inversión es recuperada en el segundo año.

#### 5.1.4. Caracterización energética de los desechos de *Pinus oaxacana*.

A través de un análisis en los costos de producción, se determinó que el precio de compra de la materia prima es elevado en comparación con el precio que se pagará en la UZACHI por el encino (Ver Tabla 13). De tal forma que Ka Niula Yanni paga \$178,920.00 más en costos en materia prima. Ya que, de acuerdo con las evaluaciones derivadas del diagnóstico se determinó que al año las organizaciones procesan y/o procesaran 1500 m<sup>3</sup> de madera de encino. Repercutiendo así, en los costos de producción.

Tabla 14. Costo unitario del m<sup>3</sup> de encino.

	<i>Costo unitario (\$)</i>
<i>UZACHI</i>	\$278.00
<i>Ka Niula Yanni</i>	\$430.00
<i>Diferencia</i>	\$152.00

La FAO (1983) indica que los costos de transporte de llevar la materia prima del bosque al horno son los más altos en la producción de carbón vegetal y que por lo tanto se requiere una buena organización para mantenerlos bajo control. De esta forma, resulta indispensable tener acuerdos con las comunidades, tal y como se hicieron con UZACHI. En donde los costos de materia prima serán representados únicamente por los costos de transporte de la materia prima y no como tal un costo de venta (como el que reciben las productoras de Analco y cuyo precio es el establecido en la región, esto de acuerdo con los datos obtenidos por los comuneros de algunas comunidades). De esta forma, los costos de producción se reducen en un 45% (Ver tabla 10).

Tabla 10. Costos de producción

Concepto	UZACHI	Ka Niula Yanni
Costo de producción por horno 9 m <sup>3</sup> .	657	796
Costo de producción unitario (\$)	0.45	0.77

Derivado de una reunión de trabajo con las autoridades de bienes comunales de la comunidad de San Juan Evangelista Analco, se identificó que el costo de venta del encino no tenía ningún tipo de preferencia para la empresa comunitaria, ya que se le considera como a una empresa privada (esto con el fin de aumentar la competitividad de esta, según lo indicado por las autoridades). Sin embargo, estas utilidades generadas a partir del descuento del precio de materia prima, bien podrían ser reinvertidas en la comunidad repercutiendo directamente en el desarrollo local.

#### **5.1.4.1. Rendimiento de madera de pino (*Pinus oaxacana*).**

Siguiendo los procedimientos de la norma ASTM (2007b). Se realizaron 10 repeticiones a nivel laboratorio por cada muestra y se obtuvieron los resultados que se presentan en la Tabla 11. Se obtuvo un rendimiento promedio de 29.5, con una desviación estándar obtenida mediante el programa Excel de 0.5.

Tabla 11. Rendimiento de las muestras.

<i>Muestra</i>	<i>Rendimiento (%)</i>
1	29.0
2	29.0
3	29.3
4	29.7
5	30.1
6	30.4
7	29.5
8	29.0
9	29.5
10	29.8

#### ***5.1.4.2. Caracterización energética del carbón vegetal de Pino (*Pinus oaxacana*).***

Por su parte, la caracterización energética del carbón se llevó a cabo de acuerdo con lo establecido en la Norma ASTM D1762-84: Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal y se utilizaron 10 muestras para cada prueba.

Una vez realizados los procedimientos y aplicando las ecuaciones 1, 2, 3 y 4, se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 14.

Tabla 15. Propiedades fisicoquímicas del carbón vegetal.

<i>Muestra</i>	<i>% CH</i>	<i>% MV</i>	<i>% C</i>	<i>% Carbono fijo</i>
1	6.1	11.2	1.4	81.2
2	5.4	12.8	1.5	80.3
3	2.0	13.0	0.9	84.0
4	2.0	16.6	1.0	80.4
5	5.6	16.6	1.3	76.5
6	2.1	16.2	1.0	80.7
7	5.5	14.1	1.3	79.0
8	5.8	13.1	1.5	79.6
9	2.2	12.6	1.1	84.1
10	2.3	18.3	1.1	78.3

**a) Poder Calorífico**

Una vez realizado el procedimiento, los datos se registraron en una base de datos en Excel y se obtuvo el poder Calorífico de cada muestra. Se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 15. Mientras que en las figuras 10 y 11 se presenta el comportamiento de la temperatura en función del tiempo.

Tabla 16. Poder calorífico de *Pinus Oaxacana*.

	<i>Peso de la Muestra</i> (Kg)	<i>Poder calorífico</i> (Cal/gr)	<i>Poder Calorífico</i> (MJ/Kg)
1	0.9053	7724.31	32.34014105
2	1.2047	8297.23	34.73884251
3	0.7536	7397.45	30.97164361
4	0.8846	7892.58	33.04465389
5	0.6769	7500.5	31.40309335
6	0.9052	7584.89	31.7564174
7	0.8327	7590.25	31.77885865
8	0.8177	7333.63	30.70444203
9	1.235	7553.87	31.62654286
10	1.0181	7590.07	31.77810502

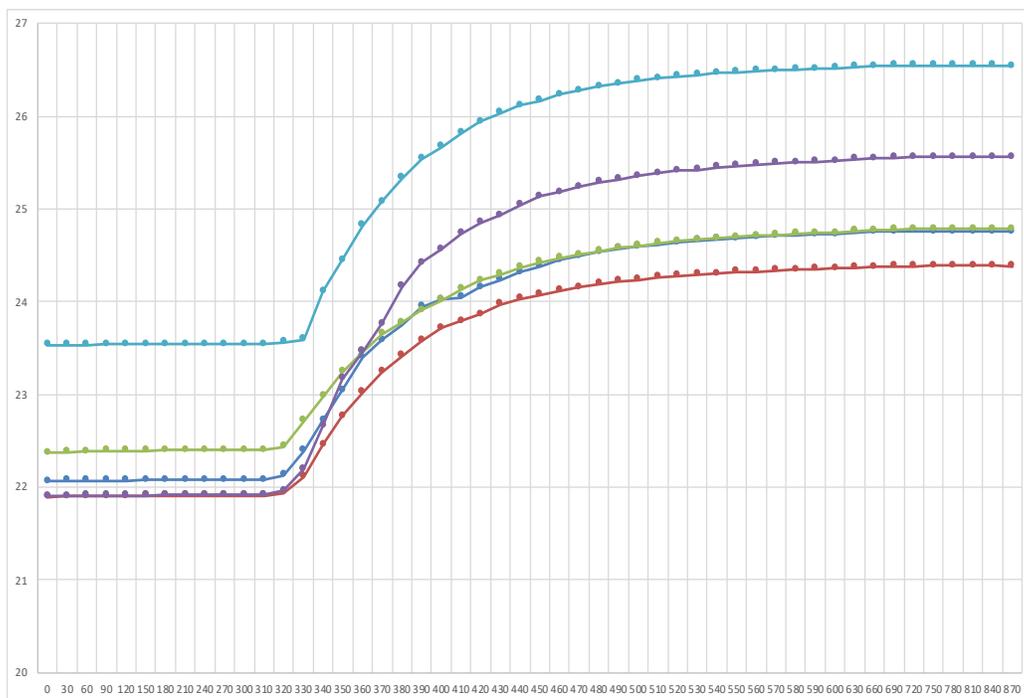


Figura 10. Cambio de temperatura en función del tiempo para la determinación del poder calorífico: Muestras de 1 a 5.

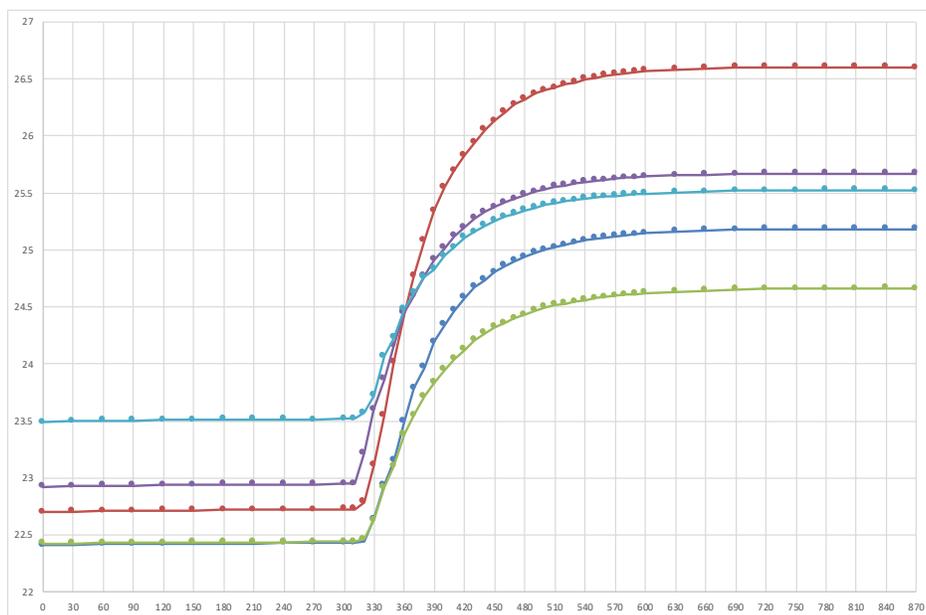


Figura 11. Cambio de temperatura en función del tiempo para la determinación del poder calorífico: Muestras de 5 a 10.

### 5.1.4.3. Análisis de resultados.

Los valores de rendimiento se encuentran dentro de los reportados por otros autores en donde el rendimiento del carbono comercial no supera el 30% (Heya, Pournavab, Carrillo y Colin, 2014)

Los valores promedios del poder calorífico obtenido ( $32.01 \text{ MJ kg}^{-1}$ ) se encuentra dentro de los rangos de diversos estudios realizados dentro y fuera de la región: *Quercus* sp.  $30.35 \text{ MJ kg}^{-1}$  (Ordaz, 2003); *Prosopis laevigata*  $30.24 \text{ MJ kg}^{-1}$  y *Ebenopsis ebano*  $29.72 \text{ MJ kg}^{-1}$  (Carrillo et al., 2013); *Quercus crassifolia*  $32.4 \text{ MJ kg}^{-1}$  y *Quercus laurina*  $32.8 \text{ MJ kg}^{-1}$  (Ruíz et al., 2015); (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh  $30.49 \text{ MJ kg}^{-1}$ ) (Rojas, 2014). Corroborando así la factibilidad técnica para la elaboración de carbón vegetal a partir de residuos de pino (*Pinus oaxacana*). Sin embargo, debido a que la densidad de este producto es menor a la del carbón producido con encino, la rentabilidad económica tendría que ser evaluada, ya que, al ser la venta por kilo, afectaría en los costos de producción y por ende en las utilidades generadas.

Sin embargo, este estudio permite visibilizar las propiedades fisicoquímicas de especies poco convencionales para la producción de carbón vegetal, permitiendo la diversificación y aprovechamiento de las especies autorizadas para extracción derivadas del Manejo Forestal Comunitario implementado en estas comunidades.



# Capítulo VI

## 6.1 Productos Finales

Como parte del proceso de la elaboración de este proyecto, se participó en la gestión para la convocatoria MDE Mecanismo Dedicado Específico para pueblos indígenas y comunidades locales de México financiada por el Banco Mundial, esto con la ayuda del equipo multidisciplinario formado por la UZACHI, UNSIJ y CIIDIR unidad Oaxaca, obteniendo un monto de **\$1,638,402.00**

Adicionalmente, estos resultados fueron presentados en una reunión a petición de la UZACHI en la comunidad de Santiago Xiacuí. En donde se contó con la participación de autoridades municipales (La Trinidad Ixtlán, Capulálpam de Méndez y Santiago Xiacuí, San Juan Evangelista Analco (incluyendo a las productoras de Ka Niula Yanni), Santa María Jaltianguis, San Andrés Yatuni, Tecocuilco de Marcos Pérez), del sector gubernamental (CONAFOR, Clúster Forestal Oaxaca) y de la organización bosquescertificados.mx. Lo anterior, con la finalidad de exponer a la empresa SUSSHI CORPORATION S.A. DE C.V., comercializadora de carbón vegetal con sede en El Salvador, los procesos de producción de carbón vegetal y el sistema de mantenimiento de sus bosques a través del MFC.

Los resultados derivados de la evaluación de carbón vegetal de encino, previamente elaborados por la UNSIJ y los obtenidos gracias a este trabajo resultaron de gran interés, dejando así la oportunidad de realizar alianzas para venta y exportación de carbón vegetal a otras regiones, tales como Estados Unidos, mercado principal de la corporación SUSSHI.

Por otro lado, través de la aplicación de los criterios de verificación propuestos por la Guía de análisis de experiencias en uso y acceso de energías renovables en la región andina (IICA, 2013)

y de acuerdo con lo presentado en la Tabla 13, se concluye que la dendroenergía presenta oportunidades para la diversificación productiva de las comunidades de la Sierra Juárez, sin embargo, son pocas las especies de las cuales se ha estudiado su potencial energético. Si bien, estas especies no cuentan con la densidad adecuada para su comercialización, debido a que presentan valores bajos (tal como la obtenida para el *Pinus oaxacana*), existe la posibilidad de producir briquetas y/o pellets.

Tabla 13. Evaluación del aprovechamiento dendroenergético por UZACHI y Ka Niula Gianni

#	<i>Criterios de creación de condiciones de competitividad</i>	<i>Cumple Totalmente</i>	<i>Cumple parcialmente</i>	<i>No Cumple</i>	<i>Observaciones de elementos destacables o hallazgos adicionales</i>
1	Entorno: La iniciativa o experiencia en uso y acceso a energía renovables se desarrolla con una adecuada dotación de políticas de apoyo y marcos regulatorios.	X			En este criterio el MFC, la organización comunitaria y las acciones que implementa el gobierno mexicano para el aprovechamiento forestal de los bosques es sin duda un referente que propicia las condiciones necesarias para que la iniciativa se lleve a cabo.
2	Tecnología e innovación: La iniciativa o experiencia promueve la adquisición del conocimiento y apoya la transferencia tecnológica.	X			A través de los análisis que se realizaron y la experiencia de comunidades aledañas se determinó que la transferencia tecnológica es indispensable para que la actividad productiva se

			desarrolle de manera eficiente, esto a través de la capacitación a los productores de carbón vegetal.
3	Costo-eficiencia: La iniciativa o experiencia contribuye a mejorar las condiciones de competitividad en los procesos industriales y agrícolas a lo largo de la cadena de valor.	X	El desarrollo de este proyecto permitió conocer de manera explícita los beneficios económicos que la transferencia de tecnología y aprovechamiento de otras especies pueden presentar en la cadena de valor del carbón vegetal.
4.	Acceso: La iniciativa o experiencia brinda opciones para los territorios rurales que contribuyen con el acceso y utilización de energías renovables.	X	Derivado de que las organizaciones comunitarias cuentan con firmes fundamentos que están relacionados con el mantenimiento de los sistemas ecosistémicos, el enfoque de la actividad productiva no sólo se da en términos de rendimientos financieros, si no desde una perspectiva de energías renovables.
5	Construcción de capacidades: Desarrollo de la capacidad humana e institucional para el acceso y uso de las	X	La organización comunitaria y el enfoque de los proyectos financiados que son utilizados en la región permite que la producción

	energías renovables en los territorios rurales.		de carbón vegetal se realice desde una perspectiva de energías renovables, sin embargo será necesario implementar estrategias que permitan que esta información llegue a un grupo más grande que solo el de los integrantes de las organizaciones.
6	Inclusión social: El servicio o uso productivo de la energía se orienta al desarrollo social y económico.	X	Este sin duda es de los aspectos más relevantes en el uso productivo de la dendroenergía ya que permite el desarrollo económico a nivel local que propicia generación de empleos de las familias involucradas.
7	Emisiones: La iniciativa o experiencia en uso y acceso a energía renovable ofrece una ruta alternativa de inferior intensidad de emisiones de carbono y otros GEI con respecto a la energía convencional fósil.	X	Esto, considerando la transferencia de tecnología a una más eficiente, y el mantenimiento de los beneficios del MFC a través de los tratamientos silvícolas que proporciona cada comunidad.
8	Recursos naturales: La iniciativa o experiencia prioriza la mitigación de impactos de cambio		Principalmente sobre los recursos del bosque y suelo en donde sólo se aprovecha la materia forestal

climático sobre los recursos agua, bosque y suelo.

considerada en los sistemas de tratamiento silvícolas, pero además con el análisis de otras especies se podrá minimizar la presión que pudiera generarse sobre sólo algunas especies forestales.

9 Fuentes renovables: La iniciativa o experiencia contribuye con el incremento de la participación de fuentes renovables como alternativa al uso de fuentes energéticas fósiles.

X

Derivado del tipo de producción que se lleva a cabo en la región (pequeña) esta no podría cubrir en primera estancia la función de sustitución de los combustibles fósiles.

## 6.2 Discusión

Durante el desarrollo de este proyecto se caracterizó el aprovechamiento dendroenergético como componente en la diversificación de las actividades productivas derivadas del manejo forestal comunitario de dos organizaciones productoras de carbón vegetal de la Sierra Juárez. A través del diagnóstico el estado actual del MFC en los bosques de pino-encino, la identificación de los elementos técnicos, ambientales y económicos que presenten áreas de oportunidad en la producción de carbón vegetal de encino en la UZACHI y Ka Niula Yanni se elaboraron propuestas de acompañamiento en el fortalecimiento de la actividad productiva. Se analizaron la factibilidad económica de la producción de carbón vegetal de encino en hornos de media naranja y se determinó del potencial energético de los residuos de pino (*Pinus oaxacana*) para evaluar la factibilidad técnica de que sea integrado en la producción de carbón vegetal. A través de este proceso, se lograron identificar las ventajas y desventajas que el aprovechamiento dendroenergético presenta en las dos organizaciones estudiadas. Dando como resultado la Tabla 14.

Tabla 14. Ventajas y desventajas del aprovechamiento dendroenergético en UZACHI y Ka Niula Yanni.

<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
Permite la diversificación de actividades (Evaristo et al., 2016).	Puede propiciar la siembra solo para cosecha.
Aprovechamiento de especies no maderables/aprovechadas (Bautista et al., 2017).	Tiempos largos en comunicación y acuerdos con la comunidad.
La transformación da valor agregado a la materia prima (FAO, 2017a).	Dependencia con autoridades municipales.



Genera empleos a grupos vulnerables.	Baja capacidad de producción (por unidad de producción) (Harjanne y Korhonen, 2019).
Permite un manejo forestal eficiente y rentable (Girard, 2002).	No hay estandarización del proceso ni constancia por parte de los grupos (Castillo y Dupuy, 2017).
Recuerda la dependencia de la población a los recursos naturales.	Aún no hay posicionamiento del producto en el mercado diferenciado.
Genera nuevas capacidades a los pobladores (técnica) (Ortiz, 2015).	
El aprovechamiento se hace pensando no sólo en el beneficio económico: cambia paradigmas (Campuzano, 2017).	
Permite que la comunidad brinde apoyos para las unidades de producción si se toman acuerdos.	
Propicia el cuidado de los bosques y mayor seguimiento a los sistemas de manejo forestal comunitario.	
Permite la creación de empresas con un enfoque diferente al capitalista, demostrando que otra economía es posible (Iiyama et al., 2014).	
La calidad del carbón cumple con estándares internacionales de calidad (Heya et al., 2014).	
Acceso a mercados diferentes en donde no sólo se pague por el producto.	
Se contrata fuerza de trabajo local (Iiyama et al., 2014).	

Dentro de estos elementos identificados salen a denotar principalmente los siguientes aspectos, los cuales a través de una gestión sostenible y un análisis y medidas correctivas de la cadena de valor se pueden revertir, optimizando así las ventajas que el aprovechamiento dendroenergético presenta, rectificando así lo expuesto por la FAO (2017).

- El aprovechamiento dendroenergético a través de la producción de Carbón vegetal presenta viabilidad técnica y económica, que permiten posicionarlo como una actividad productiva que contribuya al mantenimiento del MFC.
- El apoyo de las autoridades comunitarias es indispensable para impulsar la actividad dendroenergética.
- Actualmente existen programas, financiamientos y apoyos que buscan vincular a los actores sociales, sus capacidades y su cosmovisión en preservación de los recursos naturales a través de proyectos productivos que impulsen su economía.
- La diversificación de especies funge un papel importante para el aprovechamiento dendroenergético, siendo los desechos una oportunidad para aprovechar al máximo el recurso autorizado para extracción

En términos fisicoquímicos se corroboró la factibilidad de la producción de carbón vegetal producido por residuos de pino, sin embargo, derivado de los resultados se presentaron los siguientes cuestionamientos:

- Debido a que presenta menor densidad que el encino, se tendría que incurrir en un proceso de densificación para la venta del producto.

- Resulta interesante plantear la posibilidad de ampliar la producción de dendroenergéticos a través de la venta de pellets o briquetas debido al potencial de la especie evaluada.
- Plantear si es posible llegar a un acuerdo con las autoridades para obtener de manera gratuita las ramas y desechos del pino a un costo solo de transportación para ampliar el aprovechamiento de especies presentes en el bosque.

Identificada esta problemática, se determinó que, si bien esta especie no podría ser ofertada a un mejor precio, otras especies con un menor valor comercial podrían ser utilizadas para la producción de carbón vegetal. Tal como es el caso de las ramas del pino, específicamente de la especie *Pinus oaxacana*, ya que de acuerdo con algunos autores como Peredo y Lizama (1993) y Antolín (2006), los volúmenes de madera no utilizada y que permanecen en el bosque luego de la extracción del recurso forestal varía entre un 4.7% y 16.8% del volumen total de corta); mientras que los subproductos que se generan en la industria de transformación y elaboración secundaria de la madera pueden constituir de 20 a 60 % de la materia prima (ramificaciones, aserrín, entre otros). Todo esto aunado a la composición de los bosques resulta pertinente evaluar la factibilidad de diversificar la producción de carbón vegetal a otra especie con alta presencia en el bosque.

### 6.3 Conclusiones

En términos generales, la actividad productiva de carbón vegetal manejada de manera sostenible ofrece las siguientes ventajas: a) fortalecimiento de buenas prácticas que permiten mantener la estructura y composición de los bosques; b) disminución de las tasas de deforestación y sobreexplotación de los recursos forestales bajo los principios de conservación del paisaje y del territorio; c) el aprovechamiento de manera integral que incorporen especies no utilizadas; d) generación de empleos locales e ingresos económicos a través de la diversificación de las actividades productivas; e) mejoramiento de la eficiencia energética a través de la transferencia de tecnología en los procesos de producción del carbón vegetal; f) conformación de empresas sociales que permitan la incorporación a mercados diferenciados y de comercio justo que fomenten valores de solidaridad y de mayor responsabilidad social y ambiental; g) fortalecimiento de las capacidades de los productores de las comunidades.

Mientras que, por su parte, la creación de grupos multidisciplinarios es indispensable en la elaboración de proyectos que brindan apoyo solidario ya que permiten implementar propuestas que integran aspectos que contribuyen de manera efectiva a las problemáticas expresadas por los grupos vulnerables desde diferentes áreas, construyendo así, soluciones integrales. Como testimonio de esta premisa, la colaboración del CIIDIR-UNSIJ permitió generar y fortalecer conocimiento en el área de energías renovables en el aprovechamiento dendroenergético de la UZACHI y Ka Niula Yanni.

## 6.4 Recomendaciones

La inclusión del término dendroenergía en los proyectos productivos permitiría plantear sistemas de aprovechamiento enfocados a la utilización de energías renovables, minimizando así los impactos ambientales negativos que pudieran generarse por una mala gestión.

Se requiere una mayor atención a los sistemas de producción de Carbón vegetal por parte de los gobiernos, locales y nacionales ya que la información de los estimados de producción y consumo de leña y carbón vegetal en el país, proporcionada por las instituciones públicas es incompleta o deficiente a nivel local debido a la falta de suficientes fuentes de información sistematizadas.

Por otro lado, se confirmó que a pesar que el tema de leña y el carbón vegetal es de importancia y ampliamente nombrado por investigadores, gobiernos regionales y actores dedicados al manejo y a la conservación, hay varios aspectos no estudiados o poco estudiados como son la identificación taxonómica y el poder calorífico de las especies utilizadas, el tratamiento de secado, la forma de extracción de la madera, la cantidad de carbón que se produce desde aserraderos y la demanda de los consumidores comerciales e industriales.

Por último, la educación y la formación de técnicos forestales, extensionistas y carboneros, y la adopción de tecnologías de fabricación más sostenibles, pueden ser factores determinantes para mejorar las condiciones de trabajo en el sector, así como las repercusiones ambientales y la efectividad de la energía.

## Fuentes de consulta

- Altieri, M. A. (1988). *Sistemas agroecológicos alternativos para la producción campesina*. Libros de la CEPAL. Primer encuentro agroecológico de América Latina y el Caribe. Cochabamba, Bolivia.
- Álvarez, S., y Rubio, A. (2013). *Línea base de carbono en bosque mixto de pino-encino de la Sierra Juárez (Oaxaca, México): Aplicación del modelo CO2FIX v. 3.2*. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente, 19(1), 125-137.
- Amílcar, C. T. S. (2013). *Evaluación del proceso de producción de carbón vegetal elaborado en horno tipo fosa con subproductos forestales de *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. Y *Lonchocarpus castilloi* Standl*. Seminarios de Posgrado. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. pp. 91-100.
- Antolín, G. 2006. *La gestión y el aprovechamiento de los residuos en la industria de la madera*. Maderas. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Buenos Aires, Argentina. Cuaderno Tecnológico Núm. 2. 29 p.
- Aquino-Vásquez, C., Ruiz-Aquino, F. y Fuente-Carrasco, M. E. (2012). *Caracterización del patrimonio natural de la comunidad de Ixtlán de Juárez: una aproximación desde el espacio territorial*. In: M.E. Fuente-Carrasco, F. Ruiz-Aquino y C. Aquino-Vásquez, eds. Conocimiento indígena contemporáneo y patrimonio biocultural en la Sierra Juárez de Oaxaca: Aportaciones empíricas y analíticas hacia la sustentabilidad. Universidad de la Sierra Juárez, México. pp. 35- 59.
- Arias Chalico, T., y Riegelhaupt, E. M. (2002). *Programa de manejo forestal sostenible*. GCP/RAF/354/EC; GCP/RLA/133/EC. Guía para encuestas de demanda, oferta y abastecimiento de combustibles de madera.

Arruda, M. (2004). *Economía solidaria y el renacimiento de una sociedad humana matrística.*

Revista Vinculando. Recuperado de:

[http://vinculando.org/economia\\_solidaria/esysoc\\_mat.html](http://vinculando.org/economia_solidaria/esysoc_mat.html)

ASTM. (2000). *Method E711: Standard test method for gross calorific value of refuse-derived fuel by the bomb calorimeter.* Annual Book of ASTM Standards, Volume 11.04. West Conshohocken, PA, 265-271.

ASTM. (2007a). *Method D143-94: Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber.* ASTM International, West Conshohocken, PA, 32 p.

ASTM. (2007b). *Method D4442-07: Standard Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Base Materials.* ASTM International, West Conshohocken, PA.

ASTM. (2007c). *Method D 1762-84: Standard test method for Chemical Analysis of Wood Charcoal.* ASTM International, West Conshohocken, PA, 2 p.

Barkin, D. y Rosas, M. (2006), “¿Es posible un modelo de acumulación alternativo?”. En Revista Polis. Vol. 5(12), <http://www.revistapolis.cl/13/ind13.htm> (consultado el 26 de agosto del 2009). Chile.

Bautista, U., Ruíz A., F., Santiago G., W. y Santiago J., W. (2017). *Evaluación de la calidad del carbón vegetal elaborado a partir de madera de encino en horno de ladrillo.* Artículo de investigación ISSN: 2007-9559 Revista Mexicana de Agroecosistemas Vol. 4(2): 127-137, 2017.

Battista, E., Ocampo, F., y Passamai, V. J. (2016). *Nuevas pruebas de rendimiento en una cocina a leña para la agricultura familiar pampeana: medición de emisiones y dimensionamiento*

- de la entrada de aire.* In XXXIX Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente (ASADES) (La Plata, 2016).
- Brasnett, N. V. (1953). *Forest Policy: Sessional Paper No. 1*, 1953, Legislative Council of Tanganyika.
- Bray, D.B. y Merino, P.L. (2004). *La experiencia de las Comunidades Forestales en México.* Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología-Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible A.C. México. 20 p.
- Bray, D. B., y Merino-Pérez, L. (2007). *Los bosques comunitarios de México: Manejo sustentable de paisajes forestales.* Instituto Nacional de Ecología.
- Brundtland, G. H. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: Nuestro Futuro Común.* Recuperado de <http://www.un.org/es/comun/docs>.
- Camou-Guerrero, A., Ghilardi, A., Mwampamba, T., Serrano, M., Avila, T. O., Vega, E., y Maser, O. (2016). *Análisis de la producción de carbón vegetal en la Cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México: implicaciones para una producción sustentable.* Investigación ambiental Ciencia y política pública, 6(2).
- Campuzano, M. (2017). *Rutas y retos para la Transición en la era del colapso energético: Lucha contra la pobreza energética y modelo de gestión del agua y la energía.* Viento sur: Por una izquierda alternativa, (151), 84-90.
- Caracciolo, M., y Foti Laxalde, M. P. (2015). *Economía Social y Solidaria. Aportes para una visión alternativa.* Documento de la Cátedra Economía Social y Solidaria. Enfoques contemporáneos-Maestría en Economía Solidaria UNSAM.
- Carrillo-Parra, A., Foroughbakhch-Pournavab, R., y Bustamante-García, V. (2013). *Calidad del carbón de Prosopis laevigata (Humb. y Bonpl. Ex Willd.) M.C. Johnst. y Ebenopsis ébano*



- (Berland.) Barneby y J.W. Grimes elaborado en horno tipo fosa. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4(17): 62-71.
- Castañeda, M. L. (2014). Informe técnico de la Región Andina. *Uso y acceso a las energías renovables en territorios rurales*. IICA – San José, C.R. ISBN: 978-92-9248-549-8.
- Castellanos-Bolaños, J. F., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, Ó. A., Jiménez- Pérez, J., Musalem-Santiago, M., y López-Aguillón, R. (2008). *Estructura de bosques de pino pátula bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México*. *Madera y bosques*, 14(2), 51-63.
- Castellanos-Bolaños, J. F., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, O. A., Jiménez-Pérez, J., y Velázquez-Martínez, A. (2010). *Diversidad arbórea y estructura espacial de bosques de pino-encino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca*. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 1(2), 39-52. Recuperado en 23 de septiembre de 2019, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S2007-11322010000200004lng=estlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttextpid=S2007-11322010000200004lng=estlng=es).
- Castillo, D. C. R., y Dupuy, M. A. G. (2017). *Diagnóstico de la cadena productiva de carbón vegetal en la provincia Pinar del Río*. *Ciencias Forestales y Ambientales*, 2(2), 150-160.
- Chapela, F. (2007). *El manejo forestal comunitario indígena en la sierra Juárez de Oaxaca*. En *Los bosques comunitarios de México. Manejo sustentable de paisajes forestales*, editado por David Bray, Leticia Merino y Deborah Barry, 123-146. México: SEMARNAT, INE, Instituto de Geografía de la UNAM, Consejo Mexicano de Silvicultura Sustentable y Florida International University.



Comisión Estatal Forestal: COEFSO (2019). *Superficie Forestal Estatal*. Oaxaca, México.

Recuperado de: <https://www.oaxaca.gob.mx/coesfo/2016/03/18/superficie-forestal-estatal/>

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2007). *Ficha técnica para Pinus oaxacana*.

Recuperado de: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/973Pinus%20oaxacana.pdf>.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2015). *Estudio de cuenca de abasto para el desarrollo industrial forestal maderable de la región Sierra Juárez, Oaxaca*. Colegio de Profesionales Forestales de Oaxaca, A.C., Oaxaca, México. Recuperado de:

<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/22/6398Sierra%20Norte%20de%20Oaxaca.pdf>

Concejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible (CMSS)- Centro GEO. (2008). *La propiedad forestal en México*. Estudio Centro GEO, México.

Contreras-Hinojosa, J. R., Volke-Haller, V., Oropeza-Mota, J. L., Rodríguez-Franco, C., Martínez-Saldaña, T., y Martínez-Garza, Á. (2003). *Disponibilidad y uso de leña en el municipio de Yanhuitlán, Oaxaca*. *Terra Latinoamericana*, 21(3), 437-445.

Del Castillo, R. F., Pérez de la Rosa, J. A., Vargas-Amado, G. y Rivera-García, R. (2004). *Coníferas*. En A. J. García Mendoza, M. J. Ordóñez y M. Briones Salas (Eds.), *Biodiversidad de Oaxaca* (141-158). México.

Elliott, J. (1990). *La investigación-acción en educación*. Ediciones Morata.

Evaristo, A. B., Martino, D. C., Ferrarez, A. H., Donato, D. B., Carneiro, A. D. C. O., y Grossi, J. A. S. (2016). *Potencial energético dos resíduos do fruto da macaúba e sua utilização na produção de carvão vegetal*. *Ciência Florestal*, 26(2), 571-577.



- Figueroa, B., Reyes, V., y Rojas, V. (2009). *Pago por servicios ambientales en áreas protegidas en América Latina*. Programa FAO/OAPN. Fortalecimiento del Manejo Sostenible de los Recursos Naturales en las Áreas protegidas de América Latina. FAO.
- Fischer, M. y Knutt, R. (2015). *Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy-precipitation and high-temperature extreme*. Nature Climate Change. DOI: 10.1038/NCLIMATE2617
- Flores, R., y Quinteros, H. (2008). *Diseño de horno tipo retorta para elaborar carbón vegetal* (Doctoral dissertation, Tesis de Ingeniería. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. El Salvador. 9 (15): 89 p).
- Food and Agriculture Organization (FAO) 2001. *UWET. Unified Wood Energy Terminology*. Rome, Italy. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/008/j0926s/J0926s00>.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2002. *A guide for wood fuel surveys*. EC-FAO partnership programme (2000-2002) on Sustainable Forest Management. FAO Publication: Rome.
- Food and Agriculture Organization: FAO (2004). *Wood energy data from the Energy Information Systems*. Recuperado de: [www.fao.org/forestry/site/14012/en](http://www.fao.org/forestry/site/14012/en)).
- Food and Agriculture Organization: FAO (2005). *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2005*. Estudio temático sobre manglares Costa Rica, Per 1 Nacional. Departamento de Montes de Recursos Forestales Dirección de Recursos Forestales (FAO), Roma, Italia.
- Food and Agriculture Organization: FAO (2010). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010*. Roma, Italia. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/i1757s/i1757s.pdf>.



- Food and Agriculture Organization: FAO (2017). *PROBIOMASA en las Primeras Jornadas Nacionales sobre Dendrocombustibles y Dendroenergía*. Argentina: FAO en Argentina.
- Food and Agriculture Organization FAO. (2017a). *The charcoal transition: greening the charcoal value chain to mitigate climate change and improve local livelihoods*, by J. van Dam. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Forest Stewardship Council Council S. (2001). *FSC Forest Stewardship Council*. Recuperado de: [http://fscus.org/html/about\\_fsc/index.html](http://fscus.org/html/about_fsc/index.html).
- Fuente-Carrasco, M., y Barkin, D. (2011). *Concesiones forestales, exclusión y sustentabilidad. Lecciones desde las comunidades de la Sierra Norte de Oaxaca*. Desacatos, 37, 93-110.
- Fuente Carrasco, M. F. (2012) *La comunalidad como base para la construcción de resiliencia social ante la crisis civilizatoria*. Revista de la Universidad Bolivariana, Volumen 11, No 33, 2012, p. 195-217.
- Gaona, A. (2000). *Desarrollo sostenible y desarrollo solidario*. ISO 690. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10272/910>.
- García Juárez, M. y García Salinas, V. (2007) Origen de los energéticos y sus efectos. Dirección de publicaciones: Instituto politécnico Nacional, México D.F.
- Gasca Zamora, J. (2014). *Gobernanza y gestión comunitaria de recursos naturales en la Sierra Norte de Oaxaca*. Región y sociedad, 26(60), 89-120. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-39252014000300004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252014000300004&lng=es&tlng=es).
- Geilfus, F. (2002). *80 herramientas para el desarrollo participativo*. IICA.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The entropy law and the economic process*. Harvard University Press, 457 p.

- Girard, P. (2002). *Producción y uso del carbón vegetal en África*. Unasylva, 211, 30 -35.
- Global Strategy to Improve Agricultural and Rural Statistics (GSARS). (2016). *National statistics related to woodfuel production and consumption in developing countries, survey-based woodfuel studies, and international recommendations on woodfuel surveys*. Technical Report No 17. Rome, Italy.
- González, S. M. (2017). *Caracterización de materiales biomásicos pirolizados derivados de diferentes condiciones térmicas*. Tesis de Licenciatura. Instituto tecnológico superior de Zongolica. Zongolica, Veracruz. 50 p.
- Hansen, J., D. Johnson, A. Lacis, S. Lebedefi, P. Lee, D. Rind, and G. Russell. (1981). *Climate impact of increasing atmospheric carbon dioxide*. Science, 213, 957-966, doi:10.1126/science.213.4511.957.
- Harjanne, A., y Korhonen, J. M. (2019). *Abandoning the concept of renewable energy*. Energy policy, 127, 330-340.
- Hernández-Díaz, J. C., Corral-Rivas, J. J., Quiñones-Chávez, A., Bacon-Sobbe, J. R., y Vargas-Larreta, B. (2008). *Evaluación del manejo forestal regular e irregular en bosques de la Sierra Madre Occidental*. Madera y bosques, 14(3), 25-41.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2016). *Metodología de la investigación (6ta edición)*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Heya, M. N., F. R. Pournavab, A. Carrillo-Parra and S. Colin-Urieta. (2014). *Bioenergy potential of shrub from native species of northeastern Mexico*. International Journal of Agricultural Policy and Research 2(12): 475-483.
- Horgan, G. (2002). *Economía de la dendroenergía*. Unasylva, 211: 23-27.



IEA, (2016). *Energy Efficiency Indicators Highlights*. Recuperado de:  
[http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyEfficiencyIndicatorsHighlights\\_2016.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyEfficiencyIndicatorsHighlights_2016.pdf).

IICA (2013). *Guía de análisis de experiencias en uso y acceso de energías renovables en la Región Andina*. IICA, 2013.

IICA (2016). *Taller de Metodologías participativas de transferencia de tecnología y su aporte al desarrollo de la cadena del cacao en la región Andina (2006)*. Memoria. – S.l.: IICA.

Iiyama, M., Neufeldt, H., Dobie, P., Njenga, M., Ndegwa, G., y Jamnadass, R. (2014). *The potential of agroforestry in the provision of sustainable woodfuel in sub-Saharan Africa*. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6, 138-147.

INEGI. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Chilapa de Álvarez, Guerrero.

IPCC (2007). *PCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. Recuperado de:  
[https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/es/tssts-2-5.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/tssts-2-5.html).

IPCC (2014). *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the intergovernmental panel on Climate Change*. IPCC, Geneva, Switzerland, 151.

Kretschmann, D., J. Winandy, C. Clausen, M. Wiemann, R. Bergman, R. Rowell, J. Zerbe, J. Beecher, R. White, D. Mckeever and J. Howard. (2007). *Wood*. Kirt-Othmer Enciclopedia of Chemical Technology. John Wiley and Sons, Inc. Hoboken, NY. USA. 890 p.

Ley general de desarrollo forestal sustentable, publicada en el Diario Oficial de la Federación, DOF 25-02-2003.



- Leyva-Ovalle, Á., Valdez-Lazalde, J. R., Santos-Posadas, H. M. D. L., Martínez-Trinidad, T., Herrera-Corredor, J. A., Lugo-Espinosa, O., y García-Nava, J. R. (2017). *Monitoreo de la degradación forestal en México con base en el inventario nacional forestal y de suelos (Infys)*. *Madera y bosques*, 23(2), 69-83.
- Markopoulos, M. D. (1999). *Community forest enterprise and certification in Mexico: a review of experience with special reference to the Union of Zapotec and Chinantec Forestry Communities (UZACHI), Oaxaca*. Rural Livelihoods, Forests and Biodiversity 19-23 May 2003, Bonn, Germany.
- Martin, R. M. (2008). *Deforestación, cambio de uso de la tierra y REDD+*. *Unasylva*, 59 (230), 3-11.
- Martínez-Cruz L. (2016). *Evaluación y monitoreo de la biodiversidad en el área de conservación forestal de Analco, Ixtlán, Oaxaca*. Tesis de licenciatura. Oaxaca, México. Universidad de la sierra Juárez. 102 p.
- Merino, L. (1997). *El manejo forestal comunitario en México y sus perspectivas de sustentabilidad*. CRIM, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias Universidad Nacional Autónoma de México. Morelos, México.
- Ministerio de Energía y Minas-MEM. (2010). *Balance Nacional de Energía Útil. BNEU, OTERG-MEM*. Lima. Recuperado de: <http://www.minem.gob.pe/publicacionesHome.php>.
- Montzka, S. A., Dlugokencky, E. J. y Butler, J. H., (2011). *Non-CO<sub>2</sub> greenhouse gases and climate change*. Review. doi:10.1038/nature10322
- Morales, J. (2015). *Estudio para determinar costos de producción y transporte de madera en rollo en el estado de Oaxaca. Plan municipal de desarrollo 2011-2013, h. Ayuntamiento Santa*



- Maria Coyotepec, Oaxaca*. Colegio de Profesionistas Forestales de Oaxaca-Comisión Estatal Forestal de Oaxaca. Oaxaca, Oax. México.
- OMM. (20 de 11 de 2018). *Los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera alcanzan un nuevo récord*. Recuperado de: <https://public.wmo.int>
- Ordaz H., J. C. 2003. *Análisis del carbón vegetal de encino producido en horno tipo colmena brasileño en Huayacocotla, Veracruz*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México. 74 p.
- Ortiz Moreno, J. A., Malagón García, S. L., y Masera Cerutti, O. R. (2015). *Ecotecnología y sustentabilidad: una aproximación para el Sur global*. INTERdisciplina, 3(7).
- Peredo, M., y Lizama, C. (1993). *Uso de hidrófobos en la fabricación de tableros de partículas con residuos de cosecha forestal*. Bosque (Chile) (, 14(1), 3-12.
- PMFM (Programa de Manejo Forestal Maderable). (2013). *Programa de manejo para el aprovechamiento, conservación y restauración de los recursos forestales de San Juan Evangelista Analco, Ixtlán, Oaxaca*. Universidad de la Sierra Juárez. Oaxaca, México. 185 p.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente: PNUMA (2012). *GEO 5 Perspectivas del medio ambiente mundial: Medio Ambiente para el futuro que queremos*. 552. Recuperado de: [www.unep.org/geo](http://www.unep.org/geo).
- Ríos-Altamirano, A., Alfonso-Corrado, C., Aguirre-Hidalgo, V., Ángeles-Pérez, G., Mendoza-Díaz, M. M., Rodríguez-Rivera, V., Roldán-Felix E. y Clark-Tapia, R. (2016). *Abundancia y distribución del género Pinus en Capulálpam de Méndez, Sierra Juárez, Oaxaca*. Madera y Bosques, 22 (3), 61-74.



- Rivera González, R. C., y Paredes Lagos, D. A. (2015). *Análisis sobre el potencial de abastecimiento de biomasa para la fabricación de carbón vegetal en hornos media naranja del municipio de Posoltega, Chinandega en el período agosto 2014-marzo 2015* (Doctoral dissertation).
- Rojas, D. E. (2014). *Calidad del carbón vegetal de Eucalyptus camaldulensis Dehnh producido en horno metálico de tambor tipo japonés mejorado*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México. 71 p.
- Rosas-Baños, M., Correa-Holguín, D., y Cruz-Álvarez, A. (2013). *Economía solidaria y comunalidad en la construcción del progreso rural: El caso de La Nevería en México*. Spanish Journal of Rural Development, 4(2), 69-78.
- Roskopf, R., Riegelhaupt, E., Aceñolaza, P., y Rosenberger, J. (2007). *Patrón local de uso para combustibles de madera en una localidad rural entrerriana*. XXII jornadas forestales de entre ríos, Concordia, Argentina, pág. 7.
- Ruíz-Ángel, S. (2017). *Caracterización química y propiedades energéticas de cinco especies arbóreas para la producción de dendroenergía*. Tesis de Maestría. Universidad de la Sierra Juárez, Oaxaca 117 p.
- Ruíz-Aquino, F., M. M. González-Peña, J. I. Valdez-Hernández y A. Romero-Manzanares. 2016. *Estructura anatómica de la madera de dos encinos de Oaxaca*. Madera y bosques 22(1): 177-189.
- Sánchez R., L. (1997). *Métodos de producción de carbón vegetal en México*. Tesis de Doctorado. Pacific Western University. Los Ángeles California, EE. UU. 115 p.
- Sanhueza, J. E., y Antonissen, M. (2014). *REDD+ en América Latina. Estado actual de las estrategias de reducción de emisiones por deforestación y degradación forestal*.



Recuperado

de:

[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36810/S2014280\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36810/S2014280_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Santos, B., y Rodríguez, C. (2011). *Para ampliar el canon de la producción*. Otra Economía, 1(1), 8-13.

Saunio, M., Jackson, R., Bousquet, P., Poulter, B. a Canadel, J., (2016). *The growing role of methane in anthropogenic climate change*. Environmental Research Letters, Volume 11, Number 12.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2014). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2013*. México, D.F.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2014). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal*. 227 p., México.

Secretaría de Energía: SENER (2013). *Estrategia Nacional de Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía*. México. Recuperado de: [https://www.gob.mx/sener/documentos/estrategia-nacional-de-transicion-energetica-y-  
aprovechamiento-sustentable-de-la-energia](https://www.gob.mx/sener/documentos/estrategia-nacional-de-transicion-energetica-y-aprovechamiento-sustentable-de-la-energia)

Sosa C., Victor E. (2007). *Programa Estratégico Forestal del Estado de Oaxaca (PEFO) 2007-2030*. CONAFOR. Recuperado de: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/12/187Programa%20Estratégico%20Forestal%20del%20Estado%20de%20Oaxaca.pdf>

Short, W. y Keegan, P. (2002). *The potential of renewable energy to reduce carbon emissions*. En R.G. Watts, ed. *Innovative energy strategies for CO<sub>2</sub> stabilization*, págs. 123-177. Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press.



- Stassen, E., H. (2002). *Nuevas tecnologías de producción de carbón vegetal*. Unasyuva 211. Madera de energía. Revista internacional de silvicultura e industrias forestales. Vol. 53. Roma, Italia. p. 34.
- STF (Servicios Técnicos Forestales de Ixtlán de Juárez). (2015). *Programa de manejo forestal para el aprovechamiento y conservación de los recursos forestales maderables de Ixtlán de Juárez*. Ciclo de corta 2015-2024. 432 p.
- Tietenberg, T. H., y Lewis, L. (2016). *Environmental and natural resource economics*. Routledge.
- Torre-Cuadros, L., y Menton, M. (2016). *Descifrando datos oficiales sobre el consumo de leña y carbón vegetal en el Perú* (No. CIFOR Infobrief no. 145). Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia.
- Valdés Rodríguez, OA; Negreros-castillo, P. (2010). *El manejo forestal comunitario en México*. Revista electrónica de la Comisión Nacional Forestal - México Forestal :1-13
- Vargas, U., Ruiz Aquino, F., Santiago-García, W., y Santiago Juárez, W. (2017). *Evaluación de la calidad del carbón vegetal elaborado a partir de madera de encino en horno de ladrillo*. Revista Mexicana de Agroecosistemas. 4. 127-137.
- Vásquez-Cortez, V. F., Clark-Tapia, R., Manzano-Méndez, F., González-Adame, G., y Aguirre-Hidalgo, V. (2018). *Estructura, composición y diversidad arbórea y arbustiva en tres condiciones de manejo forestal de Ixtlán de Juárez, Oaxaca*. Madera y bosques, 24(3). Zacarías-Eslava, Y., y Castillo, R. F. D. (2010). *Comunidades vegetales templadas de la Sierra Juárez, Oaxaca: pisos altitudinales y sus posibles implicaciones ante el cambio climático*. Boletín de la sociedad Botánica de México, (87), 13-28.

## Anexos

### Anexo 1

#	<i>Crterios de creaci3n de condiciones de competitividad</i>	<i>Cumple Totalmente</i>	<i>Cumple parcialmente</i>	<i>No Cumple</i>	<i>Observaciones de elementos destacables o hallazgos adicionales</i>
1	Entorno: La iniciativa o experiencia en uso y acceso a energa renovables se desarrolla con una adecuada dotaci3n de polticas de apoyo y marcos regulatorios.				
2	Tecnologa e innovaci3n: La iniciativa o experiencia promueve la adquisici3n del conocimiento y apoya la transferencia tecnol3gica.				
3	Costo-eficiencia: La iniciativa o experiencia contribuye a mejorar las condiciones de competitividad en los procesos industriales y agrcolas a lo largo de la cadena de valor.				
4	Acceso: La iniciativa o experiencia brinda opciones para los territorios rurales que contribuyen con el acceso y utilizaci3n de energas renovables.				
5	Construcci3n de capacidades: Desarrollo de la capacidad humana e institucional para el acceso y uso de las energas renovables en los territorios rurales.				
6	Inclusi3n social: El servicio o uso productivo de la energa se orienta al desarrollo social y econ3mico.				

- 7 Emisiones: La iniciativa o experiencia en uso y acceso a energía renovable ofrece una ruta alternativa de inferior intensidad de emisiones de carbono y otros GEI con respecto a la energía convencional fósil.
- 8 Recursos naturales: La iniciativa o experiencia prioriza la mitigación de impactos de cambio climático sobre los recursos agua, bosque y suelo.
- 9 Fuentes renovables: La iniciativa o experiencia contribuye con el incremento de la participación de fuentes renovables como alternativa al uso de fuentes energéticas fósiles.

#### Notas explicativas a los criterios de creación de condiciones de competitividad

- **Criterio 1:** Entorno. Se refiere a la creación de condiciones que contribuyan a la realización de oportunidades en los territorios rurales de los países, mediante el establecimiento de una visión clara, objetivos nacionales, políticas, regulaciones e incentivos que vinculan la energía al desarrollo humano, y a su vez, fortalecen la dotación de los servicios energéticos con origen en fuentes renovables. Los marcos institucionales tienen que ser implementados para asegurar la transparencia y un alto grado de previsibilidad como condición previa para atraer inversión privada, fomentar la competitividad y la inclusión social. Los gobiernos locales y regionales también deben crear condiciones del entorno basadas en los planes nacionales existentes para promover el acceso a la energía renovable y la eficiencia, de manera que respondan a las circunstancias y prioridades nacionales. Las subvenciones o las externalidades ambientales en las políticas públicas no distorsionan el costo de oportunidad de los combustibles fósiles.
- **Criterio 2:** Tecnología e innovación. La adquisición de conocimientos se logra a través de proyectos demostrativos, la mejora continua, el aprendizaje por experiencia y esfuerzos de colaboración, así como el compartir información. Existe transferencia tecnológica cuando hay apropiación social, el conocimiento es llevado a los beneficiarios y los nuevos desarrollos o cambios se traducen en respuestas a las necesidades de las personas en los territorios rurales.
- **Criterio 3:** Costo-Eficiencia. Condiciones de costo-eficiencia que podrían mejorar la competitividad relativa de las energías renovables en los territorios rurales son: el abastecimiento de los picos de demanda eléctrica con energía renovable a un costo nivelado con los costos externos del suministro de energía convencional; las innovaciones y la curva de aprendizaje de tecnologías que se traducen en una disminución aún mayor del costo y que mejoran la competitividad de las energías renovables; la distribución en un horizonte de largo plazo de los costos de capital de una inversión tecnológica en energías renovables; las tecnologías de energía renovable que son económicamente viables porque posibilitan aplicaciones de sistemas autónomos más pequeños y de mini redes en zonas rurales aisladas.

En términos agrícolas, es posible identificar medidas de impacto en eficiencia mediante la conversión de residuos a energía, sistemas de cogeneración (calor y energía combinados), bombas de riego eficientes, entre otras medidas. Se refiere también a la mejora en la eficiencia energética de las operaciones del negocio y el diseño de producto; captura y reciclaje del calor residual; mejora de la disponibilidad y confiabilidad de suministro de energía para usos productivos y el aprovisionamiento de servicios. Se puede considerar también, la reducción del consumo y de prácticas derrochadoras de energía a través de la cadena de valor, desde la producción de energía primaria hasta el uso de los servicios energéticos.

- **Criterio 4:** Acceso. Se brinda acceso a servicios energéticos con origen en fuentes renovables de energía y se aprovisionan equipos limpios y eficientes, como estufas y combustibles renovables. Acceso a la electricidad a través de soluciones fuera de la red, micro y mini redes eléctricas, incluyendo aplicaciones específicas para usos productivos. Se extiende la red eléctrica y se aumenta la eficiencia de generación, transmisión y distribución de energía renovable. Se aumenta la participación de las energías renovables en el suministro de combustible para transporte, tanto de pasajeros como de carga. Se mejora la eficiencia energética mediante el apropiado diseño para el aislamiento y acondicionamiento de viviendas rurales, y se incorporan opciones renovables de autogeneración cuando sea posible, junto con un consumo energético más eficiente de aparatos y equipos, tanto para la vivienda rural como para usos productivos en los territorios rurales.
- **Criterio 5:** Construcción de capacidades. Se refiere a la adquisición de capacidades por parte de los responsables de formulación de políticas y beneficiarios de los emprendimientos de energías renovables. Ejemplos de capacidades adquiridas son los siguientes: desarrollo de herramientas operativas y mecanismos de asistencia técnica para la gestión de proyectos y planes de acceso de energía; desarrollo de nuevos enfoques para superar las barreras que han impedido el despliegue de servicios de energía sostenible y tecnologías en el pasado. Se adquieren capacidades para la conformación de alianzas (públicas y privadas), consorcios y otras formas de organización agroempresarial que contribuyen a consolidar los emprendimientos energéticos y las condiciones adecuadas de escala de operación.
- **Criterio 6:** Inclusión social. La utilización de fuentes de energía renovables en los procesos industriales y agrícolas contribuye a reducir la brecha de acceso a la energía rural/urbana. Se brinda especial atención a las necesidades de los pobres y de las mujeres y se posibilitan los vínculos entre energía, agua, salud y alimentación. Libera a las mujeres de ocupación de tiempo para las labores del hogar, de la cocina y de calefacción, permitiéndoles realizar otras actividades productivas, educativas o sociales. Se benefician grupos vulnerables de los territorios rurales mediante la provisión de servicios de energía a instalaciones sanitarias y educativas.
- **Criterio 7:** Emisiones: La iniciativa o experiencia contribuye con un favorable balance de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), respondiendo a una óptima relación de reducción y compensación de emisiones en comparación con la base de referencia de las energías de origen fósil. Las tecnologías, junto con las opciones del suministro de energía renovable, acompañadas de mejoras de la eficiencia energética, cumplen con la función potencial de aminorar las emisiones de GEI. La mayoría de los sistemas bioenergéticos pueden contribuir a la mitigación del cambio climático mediante la sustitución de los usos tradicionales de los combustibles de origen fósil, manteniendo bajas las emisiones resultantes de la producción de bioenergía. Otras opciones de mitigación para la combustión del carbón y de la biomasa tradicional en las viviendas rurales se posibilitan mediante el mejoramiento del diseño de estufas, de los sistemas de ventilación y de las construcciones, así como el cambio de las pautas de consumo. La bioenergía (proveniente de los cultivos perennes, los productos forestales y los residuos y desechos de biomasa), así como las tecnologías de conversión avanzadas tienen un considerable potencial de mitigación de los GEI, si se desarrollan de manera sostenible los recursos y se aplican tecnologías eficientes. La mayoría de los biocombustibles producidos mediante nuevos procesos (denominados también biocombustibles avanzados o de última generación) pueden potenciar la mitigación de los GEI si se reducen las afectaciones de cambio de uso del suelo. El principal gas de efecto invernadero (GEI) emitido en las operaciones geotérmicas es el CO<sub>2</sub>, aunque no por combustión sino por emisión natural directamente desde sus fuentes, sin embargo, las centrales de sistemas geotérmicos mejorados estarán probablemente diseñadas como sistemas de circulación en fase líquida y en circuito cerrado, con emisiones directas nulas. Las emisiones de la producción de electricidad resultantes de las tecnologías de la energía renovable son, por lo general, bastante menores que las ocasionadas por los combustibles fósiles.
- **Criterio 8:** Recurso agua y: Se promueve la interdependencia sustentable entre agua y energía, esto es, la implementación de prácticas para potenciar la confiabilidad del abastecimiento de agua y energía, mediante mecanismos de sinergia y complementariedad estacional entre la generación de energía eólica, de biomasa e hidroeléctrica, donde los períodos de menos lluvias (desfavorables a la hidroelectricidad) corresponden a los de cosecha de cultivos, así como la de períodos de mayores vientos. Se contribuye significativamente a disminuir la intensidad de la demanda de agua y a la eficiencia energética, en comparación con los requerimientos

de agua para plantas de energía basada en combustibles fósiles y nucleares, mediante la generación de energía eólica y solar fotovoltaica, por ejemplo, instalaciones mini y micro hidráulicas que aprovechan el movimiento de pequeños caudales de agua para la producción de electricidad y, preferiblemente, estos caudales son retornados a la fuente con mínimas pérdidas por evaporación o transporte, como también en condiciones óptimas de calidad. Las materias primas para la obtención de bioenergía procedentes, preferiblemente, de cultivos de secano o menos intensivos en uso de agua, o de residuos de cosecha que podrían aportar agua en el proceso de conversión energética. Otras tecnologías de aprovechamiento de fuentes renovables que tienen poco o ningún uso de agua asociado a la producción de energía y un impacto mínimo en la calidad del agua en comparación con alternativas que vierten grandes volúmenes de agua de refrigeración calentada o contaminada en el medio ambiente. Las tecnologías de energía de concentración solar (CSP) y geotérmica que tienen bajas necesidades de agua, dependiendo de la tecnología de generación particular y del sistema de enfriamiento empleado.

- **Recurso bosque:** Se considera a la biomasa forestal en los territorios rurales como un sustituto alternativo a los combustibles fósiles para la producción de energía comercial dentro del contexto de un marco de sostenibilidad, evitando consecuencias no intencionales entre los sectores forestales (como la competencia con otros productos madereros), agrícolas (como por ejemplo, las presiones para cambiar el uso de la tierra que antes estaba destinada a la producción de alimentos, adecuadas prácticas de uso del suelo y del recurso bosque), y energéticos (como los usos para la calefacción de los hogares y la cocina y la producción comercial energética).
- **Recurso suelo:** Las operaciones y el área de influencia de la experiencia o iniciativa de energía renovable evitan los impactos sobre la diversidad biológica, los ecosistemas y otros valores de conservación; se incluyen medidas de uso sostenible del suelo (la estabilidad a largo plazo del suelo y de su contenido de materia orgánica), protección de zonas de amortiguamiento y corredores ecológicos.
- **Criterio 9:** Fuentes renovables. Se incluyen las fuentes y tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar, energía eólica, energía hidráulica, mini hidráulica, maremotriz, energía proveniente de la biomasa y la energía geotérmica. Se refuerza la producción y la utilización de la biomasa para energías que incluyan tecnologías de segunda generación

## ANEXO 2. Memoria Fotográfica

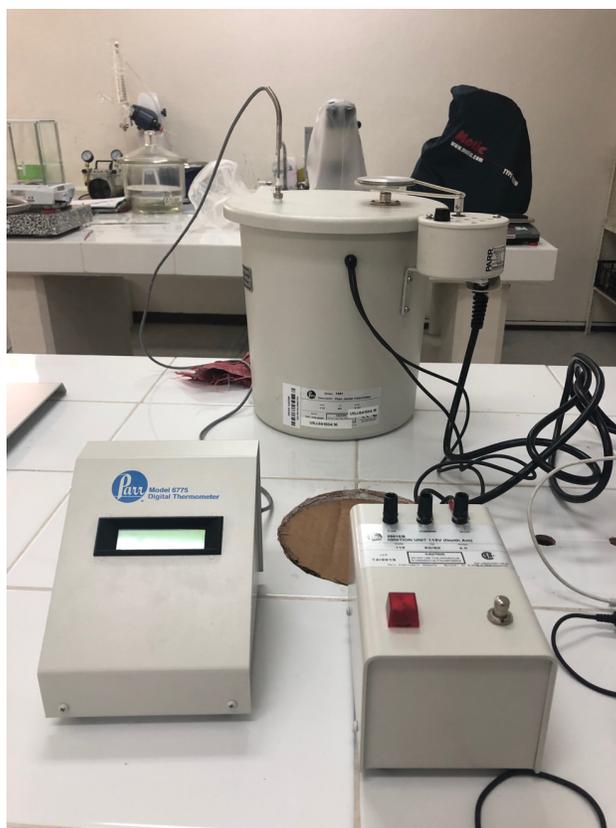
### 1. Reuniones con UZACHI.



## 2. Reuniones con Kaa Niula Yanni.



### 3. Caracterización energética del carbón vegetal.



#### 4. Presentación de resultados.







