



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

**Factores socioeconómicos que afectan la  
eficiencia de la producción de carbón vegetal  
en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México**

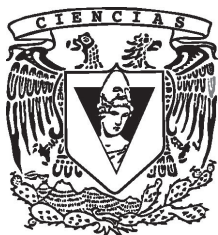
T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

(BIÓLOGA)

P R E S E N T A:

**LUCÍA PÉREZ VOLKOW**



DIRECTORA DE TESIS:  
**DRA. TUYENI HEITA MWAMPAMBA**

Ciudad Universitaria, CDMX, 2018



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Hoja de Datos

### 1. Datos del alumno

Pérez Volkow Lucía

5563178776

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

413018667

### 2. Propietario tutor

Dra.

Tuyeni Heita

Mwampamba

### 3. Propietario

Dr.

Adrián

Ghilardi

### 4. Propietario

Dra.

Lucía Oralia

Almeida

Leñero

### 5. Suplente

Dr.

José Juan

Blancas

Vázquez

### 6. Suplente

Dr.

Víctor

Ávila

Akerberg

### 7. Datos del trabajo escrito

Factores socioeconómicos que afectan la eficiencia de la producción de carbón vegetal en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México

116pp

2018

*Para los productores de carbón vegetal de la cuenca de Cuitzeo, que hacen el carbón de manera no formal, pero sin omitir lo esencial.*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la UNAM por darme la oportunidad de estudiar una carrera, conocer México y poner en alto el valor y la calidad de la educación pública.

Este trabajo forma parte de los resultados del proyecto PAPIIT IA202216: Sinergias y compensaciones entre servicios ecosistémicos en bosques para producir carbón vegetal, gracias al cual se financió el trabajo de campo.

Mi familia, en especial mi mamá, papá, Nes y Rodrigo por estar siempre conmigo, apoyarme y quererme mucho. Gracias por siempre haber contado con ustedes para leer el trabajo, hacer análisis, arreglar papeles, sin importar la hora o el día. Nora, Steve y Natalia, siempre preguntaron cómo iba avanzando este trabajo. Adela y Pilar por siempre llegar con una sonrisa, preocuparse y acordarse mi.

Tuyeni Mwampamba por ser mi gran amiga, maestra, asesora, compartir muchas aventuras en varias partes de México y siempre confiar en mi.

¡Enorme agradecimiento a Ricardo Martínez Martínez, Jorge León Escamilla y David Salas Rojas por ayudarme a pesar más de 150 toneladas de madera para el trabajo de campo y hacer las entrevistas! Gracias por el carisma que los caracteriza y las reflexiones sobre el trabajo físico versus el intelectual. También muchas gracias a Luis Hernández-Castillo y Pauline Mur por su ayuda.

Ernesto Vega Peña y Francisco Mora Ardilla por la paciencia de ayudarme en estadística todas las veces que fueron necesarias y siempre saludar con una sonrisa.

Mis sinodales: Adrián Ghilardi, Lucía Almeida Leñero, José Blancas Vázquez y Víctor Ávila Akerberg por apoyarme en revisar este trabajo.

A mis amigas de la Facultad de Ciencias, en especial a las etnochicas, Pablo y Andrés por siempre contagiar su emoción de conocer cosas nuevas y compartir el asombro por lo natural y humano.

José Luis Caballero Camacho por ayudarme con los escenarios de eficiencia a pesar de tener muchísimo trabajo.

Regina González y Adrián Calleros por darme refugio y compartir su hogar en Morelia tantas veces conmigo.

Ricardo Chavira, May Estrada y al equipo Poltri por haberme adoptado sin conocerme.

Gonzalo Álvarez por leer esta tesis tantas veces, ayudarme con las ilustraciones y los análisis, a encontrar citas e información interesante y preparar desayunos, comidas y cenas mientras yo trabajaba. Soy muy afortunada de contar contigo.

Todos los productores de carbón vegetal que participaron en este trabajo confiaron en mi y en mis compañeros de trabajo. Les agradezco todo el tiempo que nos compartieron, lo enseñado y todas las delicias que nos ofrecieron. En especial con enorme cariño a Jerónimo, Elena y Filiberto.

## **ABREVIATURAS**

**ANOVA:** Análisis de Varianza

**COFOM:** Comisión Forestal del Estado de Michoacán

**com. personal:** comunicación personal

**CONAFOR:** Comisión Nacional Forestal [**De México**]

**CONAPO:** Comisión Nacional de Población [**De México**]

**cv:** carbón vegetal

**DAP:** Diámetro a la Altura del Pecho

**EU:** Estados Unidos

**FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación

**kg:** kilogramo

**NA:** No aplica

**PCA:** Análisis de Componentes Principales

**p.e.:** por ejemplo

**SEMARNAT:** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [**De México**]

**ton:** toneladas

# ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>10</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>11</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Una visión general del uso y producción de carbón vegetal .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Mitos sobre el carbón vegetal .....</b>	<b>17</b>
MITO 1: La producción tradicional de carbón no es eficiente .....	17
MITO 2: La producción de carbón vegetal causa deforestación .....	18
MITO 3: El uso de carbón vegetal está disminuyendo .....	19
MITO 4: El sector económico del carbón vegetal es irrelevante .....	20
MITO 5: El carbón vegetal es un energía mal vista.....	20
<b>1.3 La tesis propuesta por este estudio.....</b>	<b>21</b>
<b>II. ANTECEDENTES .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1 Transformación de la biomasa a carbón vegetal .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2 Los sistemas tradicionales de producción de carbón vegetal.....</b>	<b>24</b>
<b>III. MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>28</b>
<b>3. 1 La producción tradicional de carbón vegetal como ejemplo de acervo biocultural.....</b>	<b>28</b>
<b>3.2 La tecnología como el nexo entre sociedad y ambiente .....</b>	<b>29</b>
<b>3.3 Sistemas sociotecnocológicos.....</b>	<b>30</b>
<b>IV. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DEL ESTUDIO .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Objetivo general y específico .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Hipótesis.....</b>	<b>32</b>
4.2.1. Hipótesis uno, objetivo específico dos.....	32
4.2.2 Hipótesis dos, tres y cuatro, objetivo específico tres .....	33
4.2.3 Hipótesis cinco, objetivo específico cuatro .....	34
<b>V. METODOLOGÍA.....</b>	<b>35</b>
<b>5.1 Descripción del área de estudio .....</b>	<b>36</b>
5.1.1 Características físicas del área de estudio .....	37
5.1.2 Características bióticas del área del estudio.....	38
5.1.3 Uso de suelo en la Cuenca de Cuitzeo .....	38

5.1.4 Características sociales de la Cuenca de Cuitzeo .....	39
<b>5.2 Métodos.....</b>	<b>40</b>
5.2.1 Recopilación de datos en campo.....	42
5.2.2 Análisis cuantitativo.....	44
<b>VI. RESULTADOS.....</b>	<b>47</b>
<b>6.1 Resultados Generales.....</b>	<b>47</b>
<b>6.2 Objetivo específico uno: Describir el manejo actual del carbón vegetal en el área de estudio .....</b>	<b>47</b>
6.2.1 Producción de carbón a nivel comunidad .....	48
6.2.2 Importancia del carbón como fuente de trabajo.....	49
6.2.3 Experiencia y aprendizaje .....	50
6.2.4 Proceso de fabricación .....	51
6.2.5 Eficiencia y calidad de la transformación de biomasa a carbón vegetal.....	55
6.2.6 Producción de carbón a lo largo de año .....	57
6.2.7 Destino y uso del carbón.....	58
6.2.8 Manejo del bosque y de los encinos .....	58
6.2.9 Percepciones de la sustentabilidad del manejo .....	62
6.2.10 Personificación de los hornos .....	63
6.2.11 Ganancias personales por horno .....	63
6.2.12 Condiciones y acuerdos del trabajo .....	64
6.2.13 Migración.....	66
6.2.14 Normatividad .....	66
6.2.15 Consecuencias de carecer el permiso legal.....	67
<b>6.3 Objetivo específico dos: Generar tipologías de productores según sus características sociales.....</b>	<b>68</b>
6.3.1 Análisis de conglomerados .....	68
6.3.2 Análisis de componentes principales (PCA).....	69
<b>6.4 Objetivo específico tres: Determinar si la heterogeneidad social ayuda a explicar diferencias entre la eficiencia de los hornos y en las prácticas de manejo de los productores.....</b>	<b>72</b>
6.4.1 Diferencias de prácticas a nivel individual .....	72
6.4.2 Diferencias de prácticas a nivel grupal .....	74
6.4.3 Diferencias de prácticas según la temporada del año .....	76
<b>6.5 Objetivo específico cuatro: Analizar si la heterogeneidad social y de prácticas de manejo generan distintos niveles de consumo de biomasa leñosa.. .....</b>	<b>77</b>
<b>VII. DISCUSIÓN .....</b>	<b>81</b>
7.1 El carbón vegetal: un empleo más y un elemento de la diversidad biocultural mexicana.....	82
7.2 El horno y su eficiencia: Una expresión del contexto socioeconómico de los productores .....	85
7.3 La heterogeneidad del impacto forestal del carbón vegetal.....	86
7.4 Implicaciones para las políticas públicas mexicanas.....	87
7.5 Legalidad y el costo social de trabajar sin permisos .....	88
<b>VIII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>90</b>



<b>IX. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>91</b>
------------------------------------	-----------

<b>X. ANEXOS.....</b>	<b>96</b>
-----------------------	-----------

<b>10.1 Formato de entrevista semiestructurada.....</b>	<b>96</b>
---------------------------------------------------------	-----------

<b>10.2 Planeación de Taller con productores en localidad “D” .....</b>	<b>106</b>
-------------------------------------------------------------------------	------------

<b>10.3: Planeación de Taller en localidad “P” .....</b>	<b>110</b>
----------------------------------------------------------	------------

<b>10.4: Formato para pesado de madera .....</b>	<b>115</b>
--------------------------------------------------	------------

<b>10.5 Variables de prácticas de producción por productor.....</b>	<b>116</b>
---------------------------------------------------------------------	------------

## **TABLAS Y FIGURAS**

Tabla 1.1 Mitos sobre el carbón vegetal.....	20
----------------------------------------------	----

Tabla 5.1 Principales indicadores de marginación en los 26 municipios de la cuenca de cuitzeo.....	40
----------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 5.2 Resumen de métodos según los objetivos particulares. ....	41
---------------------------------------------------------------------	----

Tabla 5.3 Descripción de las variables utilizadas en el análisis de conglomerados y el pca. ....	45
--------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 6.1 Número de entrevistados según localidad de origen. ....	47
-------------------------------------------------------------------	----

Tabla 6.2 Promedio de productores por localidad y el porcentaje de ellos para los cuales el carbón vegetal fue su principal trabajo. ....	49
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 6.3 Pasos generales realizados en la cuenca de cuitzeo para producir carbón vegetal. ....	53
-------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 6.4 Factores mencionados como más importantes para hacer el horno. ....	54
-------------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 6.5 Variables más importantes formadoras de los grupos de pca .....	71
---------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 6.6 Porcentaje de productores pertenecientes a las diferentes localidades según su grupo en el análisis de conglomerados.....	72
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 6.7 Productores con mediciones de sus hornos de grupos rojo y verde.....	74
--------------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 6.8 Justificación de cada eficiencia utilizada para plantear los escenarios de eficiencia.....	77
------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Tabla 6.9 Supuestos utilizados para los escenarios de eficiencia.....	78
-----------------------------------------------------------------------	----

Figura 1.1 Diversos usos del carbón vegetal.....	13
--------------------------------------------------	----

Figura 1.2 Procesos típicos de la cadena productiva de carbón vegetal.....	14
----------------------------------------------------------------------------	----

Figura 1.3 Imágenes de fundidores prehispánicos utilizando carbón vegetal.....	16
--------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 2.1 Distintos tipos de hornos tradicionales para producción de carbón vegetal.....	23
-------------------------------------------------------------------------------------------	----

figura 2.2 Distintos tipos de hornos mejorados.....	24
-----------------------------------------------------	----

Figura 2.3 Diversos servicios ecosistémicos asociados a la producción tradicional de carbón vegetal. ....	25
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Figura 2.4 Fotografía de rebrote de vástago de <i>Quercus</i> spp.....	26
------------------------------------------------------------------------	----

Figura 3.1 Interacciones posibles entre cuatro servicios (carbón vegetal, plantas útiles, ganadería y el ecosistema en su conjunto, representado por todas las plantas) involucrados en un sistema de manejo tradicional de carbón vegetal.....	28
Figura 3.2 Sistema sociotecnológico del paisaje biocultural del encinar de la cuenca de Cuitzeo. Natural.....	31
Figura 5.1 Ubicación de la cuenca de lago de Cuitzeo .....	35
Figura 5.2 Áreas aptas para la producción de carbón vegetal en la cuenca de Cuitzeo.....	37
Figura 5.3 Porcentaje de vegetación y uso de suelo en la región Cuitzeo .....	39
Figura 5.4 Método utilizado para el pesado de biomasa .....	44
Figura 6.1 Porcentaje del total trabajos secundarios mencionados por los productores .....	50
Figura 6.2 Frecuencia de edades y experiencia de productores .....	51
Figura 6.3 Proceso general de fabricación de horno de tierra .....	52
Figura 6.4 Distintos tipos de hornos tradicionales de la cuenca de Cuitzeo .....	54
Figura 6.5 Sacado, acomodo y venta de carbón vegetal. ....	56
Figura 6.6 Una “pata” o madera cuya carbonización quedó trunca.....	57
Figura 6.7 Producción total de hornos al mes entre los productores entrevistados.....	57
Figura 6.8 Mosaico típico de manejo tradicional de carbón vegetal .....	59
Figura 6.9 Bosque manejado para producción de carbón vegetal.....	60
Figura 6.10 Distintas formas de manejo para producción de carbón vegetal en la cuenca de Cuitzeo .....	61
Figura 6.11 Manejo general de la producción de carbón vegetal en la cuenca de Cuitzeo.....	62
Figura 6.12 Tipos de acuerdos entre los productores.....	65
Figura 6.13 Análisis de conglomerados utilizando 42 productores para la formación de 4 grupos ..	69
Figura 6.14 Análisis de componentes principales utilizando 42 productores y 12 variables sociales. ....	70
Figura 6.15 Variables que analizan las prácticas de producción de carbón vegetal para cada productor .....	73
Figura 6.16 Variables que analizan las prácticas de producción de carbón vegetal para cada grupo de productores .....	75
Figura 6.17 Variables de prácticas de producción de carbón vegetal según la temporada del año (lluvias o secas). ....	76
Figura 6.18 Demanda de biomasa leñosa en un año para 50 productores de carbón vegetal, asumiendo que todos tienen la misma eficiencia .....	79
Figura 6.19 Cantidad de biomasa leñosa remanente en una proyección de 50 años con una regeneración de cero.....	79

## RESUMEN

La producción tradicional de carbón vegetal forma parte de la herencia biocultural de México y es una importante fuente de empleo en zonas rurales. Esta actividad se ha visto afectada por mitos o suposiciones presentes en la vida cotidiana, artículos científicos y decisiones políticas. Se asume que los productores de carbón vegetal forman un grupo homogéneo entre ellos, en términos de sus condiciones sociales y sus capacidades para elaborar carbón vegetal. También se considera *a priori* que la tecnología que éstos productores utilizan es de baja eficiencia, causando un fuerte impacto ambiental. Como consecuencia, en México las políticas públicas sobre la producción de carbón vegetal se han enfocado en el mejoramiento de los hornos o en la prohibición de la actividad no certificada por el gobierno. Sin embargo, hay pocos estudios que avalen estos supuestos y en esta incertidumbre se encuentra el medio de vida de muchos productores y la salud de los bosques.

Este trabajo busca “desmitificar” estos supuestos y entender de manera holística la importancia socioecológica y los impactos de la producción tradicional de carbón vegetal. Para ello, se abarcaron cuatro objetivos específicos: 1) Describir el manejo actual del carbón vegetal en el área de estudio; 2) Generar tipologías de productores según sus características sociales; 3) Determinar si la heterogeneidad social ayuda a explicar diferencias entre la eficiencia de los hornos y en las prácticas de manejo de los productores y 4) Analizar si la heterogeneidad social y de prácticas de manejo generan distintos niveles de consumo de biomasa leñosa.

El presente trabajo se desarrolló mediante un enfoque interdisciplinario. Por un lado, se utilizaron métodos cualitativos: se realizaron entrevistas no estructuradas, notas de observación participante, talleres con productores de carbón vegetal y entrevistas semi-estructuradas. Por otro lado, se utilizaron métodos cuantitativos como la medición de la eficiencia de 22 hornos tradicionales en campo, el análisis de conglomerados, análisis de componentes principales, ANOVA y la prueba no paramétrica de Friedman.

Como resultado, se identificaron tres tipos de productores de carbón vegetal: los dueños de la madera, los que tiene un mediano acceso a la biomasa y los que tienen un bajo acceso a la biomasa. La eficiencia promedio en peso seco fue de 28.36%, la cual es más alta que las reportadas anteriormente para la zona y más alta que los promedios globales de eficiencia de hornos tradicionales. A nivel grupal, solo se pudo estudiar la eficiencia de los grupos de mediano y bajo acceso a la madera. Ambos grupos llegan a los mismos niveles máximos de eficiencia, sin embargo, el grupo de mediano acceso es mucho más constante en tener eficiencias altas que el de bajo acceso. Tener una alta eficiencia, no solo promueve que la biomasa del bosque se maximice, sino que, con el mismo esfuerzo, los productores obtienen más carbón vegetal por horno. Entender las características sociales que forman a los grupos de productores y sus efectos en la eficiencia de los hornos puede ayudar a diseñar intervenciones holísticas y contexto dependiente enfocadas en promover lo que ya funciona y solo cambiar lo que se necesita cambiar para una producción sustentable de carbón vegetal.

## ABSTRACT

Traditional charcoal production forms part of Mexican biocultural heritage and is an important source of jobs in rural areas. This activity has been negatively affected by myths or assumptions present in daily life, scientific papers and political decisions. It is assumed that traditional charcoal producers form a homogenous group in terms of their social conditions and their capacities to transform biomass to charcoal. It is also assumed that the technology they use is of low efficiency, causing a negative environmental impact. Consequently, Mexican public policy related to charcoal production has focused on improving the kilns or prohibiting any production without government approval. Nevertheless, there are few studies that back those assumptions and within this blanket of uncertainty, a source of jobs for charcoal producers and the health of the related forests is at stake.

This work aims at debunking such myths and understand holistically the socioecological importance and the environmental impacts of traditional charcoal production. To do so, four specific objectives were addressed: 1) To understand in depth current management system of charcoal production in the area of study; 2) To develop typologies of charcoal producers based on their social characteristics; 3) To determine if social heterogeneity can help explain differences in individual management practices, and specifically in the ability of producers to transform biomass to charcoal (i.e., kiln efficiency) and, 4) To analyze whether the social heterogeneity and different management practices generate diverse levels of woody biomass consumption.

The present work was developed with an interdisciplinary approach. Qualitative methods such as non-structured interviews, participant observation, workshops and semi-structured interviews, were applied. As well as quantitative methods such as obtaining the efficiency of traditional earth kilns in the field, estimating woody biomass consumption, Cluster Analysis, Principal Component Analysis, and analysis of variance (ANOVA) and non-parametric Friedman test were applied to analyze the data.

Three charcoal producers groups were identified across an access to biomass gradient: those who own the biomass, those with median access and those with low access to biomass. The average dry weight kiln efficiency across all producers was 28.36%, which is higher than previously reported levels for the same study area and higher than international averages for traditional kilns. Across groups, it was observed that all producers could attain the maximum kiln efficiency levels; nevertheless, the median access group was able to produce charcoal at consistently high efficiency levels while producers with low access had highly variable efficiency. High efficiencies not only imply optimal use of forest biomass, but also, with the same effort (labor) producers obtain more charcoal per kiln. Understanding how charcoal producers vary in their ability to produce charcoal and the social factors that contribute to such variations can aid in designing context-appropriate holistic interventions that promote what works well and change only what needs changing to ensure sustainable production of charcoal.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Una visión general del uso y producción de carbón vegetal

El carbón vegetal es un biocombustible sólido, producto de carbonizar materia orgánica a través del proceso de pirólisis o combustión anaerobia (FAO, 2017). Es importante que la carbonización se lleve a cabo en lugares herméticos donde se pueda controlar la salida y entrada del aire. Para lograr esto, este proceso se lleva a cabo en “hornos” que pueden ser desde una construcción fija de ladrillo o metal, un hoyo en el suelo que después se tapa con tierra, o un cúmulo de madera que se cubre con hojas y tierra.

Diferente al carbón mineral - que es un combustible fósil, no renovable, extraído de minas - al ser elaborado a partir de madera, el carbón vegetal permite ser considerado como una energía renovable (FAO 1985, 2008). Comparado con la leña, posee una serie de ventajas: tienen casi el doble del contenido energético y resulta en una combustión más limpia al producir una menor cantidad de humo (FAO 1985; Akpalu *et al.* 2011). Además, requiere menos espacio para almacenarlo en comparación a la leña, y por ser un producto químicamente estable (casi de puro carbono C) y no es propenso a ser plagado (FAO 1985). La combinación de éstas propiedades fisicoquímicas le otorga un mayor valor agregado al carbón vegetal, haciendo que este tenga un valor económico superior al de la leña y permite que sea rentable transportarlo largas distancias (Kammen y Lew 2005).

El carbón vegetal se considera como el primer material sintético producido por el humano (Antal y Grønli 2003), al ser la materia prima de las pinturas rupestres encontradas en la cueva de Chauvet, Francia, las cuales tienen más de 38,000 años (Valladas *et al.* 2001) (**Figura 1.1**). Actualmente se sigue utilizando en el medio del arte como material de dibujo. Al hacer combustión produce altas temperaturas que reducen y por tanto refinan las menas de minerales en metales, por lo que se considera que su manufactura permitió a los humanos salir de la era de piedra y entrar en la era de los metales (Bailis *et al.* 2013). Hoy en día, el uso de carbón vegetal en la industria metalúrgica es un reductor muy codiciado y sigue siendo importante para la fundición de metales (Antal y Grønli 2003).

Hay una versión de carbón vegetal conocida como carbón activado en donde se somete el carbón vegetal a un vapor o aire a elevadas temperaturas, el cual le ayuda a incrementar sus habilidades de adsorción al desarrollar una red de finos poros (Cooney 2016). El carbón activado es utilizado como adsorbente en el tratamiento de aire y agua y como medicina alternativa como antídoto por su capacidad de adsorción de toxinas (Antal y Grønli 2003). El carbón activado también es utilizado como acondicionador de suelo, justo por su capacidad de atraer y atrapar nutrientes en el suelo y hacerlos disponible a las plantas (Lehmann y Joseph 2015) (ver **Figura 1.1**).

El uso más común y conocido de carbón vegetal es como combustible para fines alimenticios, para cocinar y asar (FAO 2017). De este existe dos versiones: aquel producido directamente de la madera entera (*lumpwood charcoal*) y otro conocido como “briquetas de carbón vegetal” elaboradas con polvo de biomasa carbonizada; este polvo también es conocido como *biochar* (ver **Figura 1.1**) (Mwampamba *et al.* 2013). El presente estudio solo refiere al carbón vegetal elaborado de la madera entera procedente de bosques nativos

(no plantaciones).

Con la excepción de Brasil, donde más del 90% del carbón vegetal es utilizado en el sector industrial, en particular en la metalurgia (FAO 2017), el carbón vegetal globalmente es un combustible predominantemente de uso urbano (Smith *et al.* 2015). Los patrones de consumo difieren entre regiones. Alrededor del 80% de la demanda residencial energética urbana en África subsahariana utiliza el carbón vegetal como su principal combustible para cocinar (Zulu y Richardson 2013). En los países América Latina (exceptuando Brasil) el carbón vegetal es principalmente utilizado en la industria de alimentos y en los hogares (FAO 2017).



Figura 1.1 Diversos usos del carbón vegetal A) Combustible para la preparación de alimentos (Retomado de: [www.mgafrica.com/article/2014-10-14-africa-must-reform-energy-sector-to-boost-growth-ia](http://www.mgafrica.com/article/2014-10-14-africa-must-reform-energy-sector-to-boost-growth-ia)); B) Material artístico: fotografía de sección de las pinturas rupestres de la cueva Chauvet, Francia (Retomado de Valladas *et al.* 2001); C) Acondicionador de suelos (Foto propia); D) Briquetas de carbón vegetal (Retomado de: *New York Times*, 2004)

Las características que definen un carbón vegetal de buena calidad para fines de cocción es que éste sea denso, lo cual le permite emitir su energía lenta y constantemente (FAO 2017). Esto implica que árboles con madera densa como son el encino (*Quercus* spp.), el mezquite (*Prosopis* spp.), el ébano (*Diospyros* spp.), las acacias (*Acacia* spp.), la caoba (*Swietenia*

spp.), el cedro (*Cedrela* spp.), las hayas (*Nothofagus* spp.), los ulmos (*Eucryphia* spp.) y muchas otras especies de bosques templados y tropicales secos, son utilizadas para su elaboración (Scholz 2001; FAO 2017; Santos-Fita *et al.* 2018). Generalmente, a nivel mundial, la madera utilizada proviene de bosques naturales o plantaciones (Chidumayo y Gumbo 2013).

El 62.1% del carbón vegetal es producido en África, seguido de 19.6% en América y 17% en Asia (FAO 2017). En términos de países, el mayor productor de carbón vegetal en el mundo es Brasil, el cual produjo 6.2 millones de toneladas en 2015, representando el 12% de la producción mundial (FAO 2017). Contrario a la idea popular de que el carbón vegetal es poco producido en México, éste es el segundo producto forestal maderable en México, sólo después de la leña (Masera *et al.* 2011). Esta estimación es 10 veces mayor que la producción legal reportada por la SEMARNAT en el Anuario Forestal Nacional de 2005, lo que indica que el 91% del carbón en México se produce sin autorización gubernamental (Masera *et al.* 2011). Por lo tanto, en datos oficiales, el carbón vegetal se desplaza al tercer producto forestal maderable más producido y consumido después del aserrío y la celulosa (SEMARNAT 2016). A lo largo de este trabajo se hablará de la producción de carbón vegetal carente de permiso gubernamental como una producción no formal. Deliberadamente se omitirá usar el término ilegal. La legislación de la producción y transporte de carbón vegetal a nivel federal en México está regida por la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos y las Normas Oficiales Mexicanas NOM-005-SEMARNAT-1997 y NOM-007-SEMARNAT-1997. Cada estado puede o no tener leyes ordinarias (o locales) que dicten particularidades del sitio.

La cadena de valor del carbón vegetal (**Figura 1.2**) involucra coleccionar la madera (de bosques, sistemas agroforestales, plantaciones, etc.), carbonizar la madera en hornos, distribución y uso del carbón vegetal y el consumo por el usuario final (FAO 2017). La mayoría de la madera utilizada en bosques tropicales se corta propiciando la regeneración natural del árbol y así es como se da la recuperación del sistema (Chidumayo y Gumbo 2013). El grueso de la carbonización en países tropicales se realiza por medio de hornos tradicionales hechos a base de tierra, aunque también existen los “mejorados” elaborados a base de ladrillo, metales o piedras (Chidumayo y Gumbo 2013). La elaboración tradicional de carbón vegetal es considerada artesanal. Se trata de una labor manual equiparable a un oficio donde no hay una división especializada del trabajo y el conocimiento de su producción es transmitida de manera oral de generación en generación (Gutiérrez-Ruvalcaba 2012). Su distinción con los procesos artesanales es un valor simbólico o estético, al ser un producto de consumo utilitario ajeno al otorgado a otro tipo de artesanías (Gutiérrez-Ruvalcaba 2012). No obstante, en Austria, Suiza y Alemania la producción tradicional de hornos de tierra de carbón vegetal es considerado patrimonio intangible de la humanidad (UNESCO 2014).

Existe documentación prehispánica y de la temprana conquista que evidencia la presencia y uso de carbón vegetal en México, sin embargo nunca se especifica su forma de producción (Gutiérrez-Ruvalcaba 2012). Existen vocablos en lenguas indígenas que definen directamente al carbón vegetal y también a las actividades alrededor de éste. En el “Vocabulario en lengua castellana y mexicana” escrito por Fray Alonso de Molina originalmente el 1571 se tienen las siguientes entradas:

Carbon. *teconalli. tecolli*

Carbon hacer. *teconallatia. nite. conalcehuia. ni. colcehuia. nite. collatia.*

Productor que lo hace. *tecolceui. teconallati. teconalcehui*

Productor que lo vende. *teconalnamacac. Tecolnamac* (de Molina, 1910)

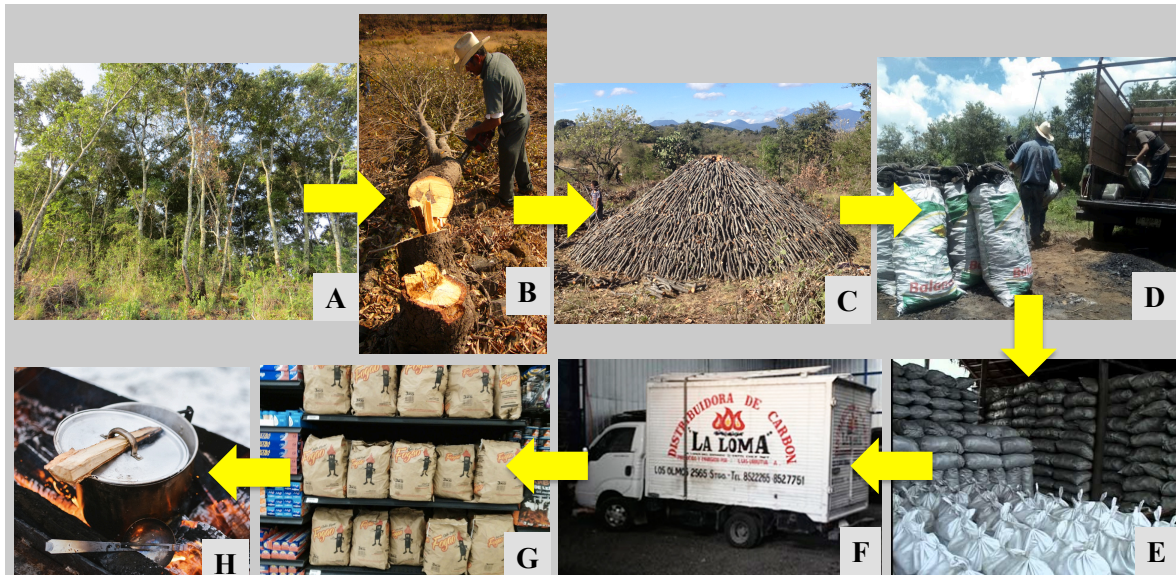


Figura 1.2 Procesos típicos de la cadena productiva de carbón vegetal A)Bosque B)Cortado de madera C)Elaboración de cv D)Distribución en costales E)Empaquetado en bolsa de 3 a 5kg F)Distribución a tiendas G) Venta H) Consumo (Elaboración propia).

En la revisión realizada por Gutiérrez-Ruvalcaba, 2010 también se encuentran los vocablos en la lengua otomí y purépecha para carbón, hacer carbón y productor que lo hace. Otro indicio es que en náhuatl los manejadores del cobre *tepuztécac* tiene la tarea específica de *tecultema* que significa que coloca y calienta el carbón en moldes (Macías-Goytia 1991). Los términos indígenas y las actividades que éstos definen muestran no solo la presencia del carbón vegetal sino la especialización que había alrededor de este producto.

La descripción más detallada del uso del carbón vegetal en la metalurgia prehispánica (ver **Figura 1.3**) fue documentada por Fray Bernardino de Sahagún en la “Historia General de las cosas de Nueva España” o también conocido como el “Códice Florentino”. En ella recuenta la técnica actualmente conocida como moldeado de cera perdida, la cual requiere el uso del carbón vegetal para realizar el núcleo base y para la fundición de los metales (Sahagún 2006). El uso de carbón vegetal también se ha reportado desde tiempos prehispánicos en la región de los Andes donde fue manufacturado con algarrobo o huarango (*Prosopis* spp.) (principalmente) y gracias al cual se desarrollaron técnicas variadas de trabajar los metales como, la soldadura al fuego y en frío, repujado, vaciado a través de moldes, filigrana (Deza Rivasplata y Delgado de la Flor Badaracco 2018).

También hay evidencia del uso del carbón vegetal en las cartas de relación escritas por los españoles a su llegada a México. Hernán Cortés escribió al emperador Carlos V el 30 de



octubre de 1520 “*Venden mucha leña y carbón y hierbas de comer y medicinales.*” (Cortés 2013). Y en el hecho que fue utilizado como fuente de color negro para pintar los murales en la cultura maya (de Ágredos-Pascual 2007).



Figura 1.3 Imágenes de fundidores prehispánicos utilizando carbón vegetal. A) Códice Florentino, B y F) Códice Moctezuma, C y E) Relación de Michoacán, D) Lienzo de Tlotzin. (Modificado de Torres-Montes, L. y Franco-Velázquez, F. 1996).

Actualmente varios países están explorando la posibilidad de utilizar biocombustibles sólidos como posibles sustitutos de aquellos fósiles (Cornwall 2017). Reino Unido, por ejemplo, genera alrededor del 10% de su electricidad con pellets de madera y la Unión Europea pretende que el 20% de su electricidad provenga de recursos renovables para el 2020 (Cornwall 2017). La FAO (2008) considera que el carbón vegetal es potencialmente una fuente renovable de energía con la capacidad de activar el crecimiento económico (por la creación de empleos) y reducir los costos de producción o importación de combustibles fósiles (FAO 2008; Zulu y Richardson 2013). Sin embargo, la producción de carbón vegetal ocasiona impactos negativos al ambiente que deben de ser estudiados. Algunos de ellos son el impacto a los suelos que las altas temperaturas del horno ocasionan, los gases de efecto invernadero durante la carbonización, impactos en la captación de agua de lluvias debido a la pérdida de biomasa forestal y los impactos en servicios ecosistémicos como a la polinización (Chidumayo y Gumbo 2013).

Por razones de preferencia o por falta de alternativas viables y accesibles, a nivel global y en México, el consumo de carbón vegetal está creciendo y se espera que continúe creciendo por los próximos 30 años (FAO 2017; Santos *et al.* 2017). Dado la estrecha relación entre la producción de carbón vegetal con el estado de bosques, es importante asegurar que el aumento en consumo no perjudique a los bosques naturales remanentes del mundo. Para esto, se necesita entender la cadena productiva del carbón vegetal para así promover políticas adecuadas que, por un lado, disminuyan el consumo, y por otro, aseguren que la producción sea sustentable. Hoy en día, debido a su informalidad y la complejidad del sistema, el entendimiento sobre carbón vegetal, y específicamente su producción y el impacto sobre los bosques sigue siendo débil y moldeado por mitos.

## 1.2 Mitos sobre el carbón vegetal

La percepción del carbón vegetal ha ido cambiando a través del tiempo:

- **1852-1932:** Grandes avances en el conocimiento por la importancia de la destilación de la madera (Antal y Grønli 2003)
- **1970-1980:** Alarmista por la pérdida de bosques
- **1990-2000:** Indiferencia por la hegemonía de los combustibles sólidos
- **2000-2010:** Despertar por su posible producción sustentable (Zulu y Richardson 2013).

La producción y el uso del carbón vegetal en el mundo se ha visto fuertemente moldeada por mitos, contradicciones y estereotipos (Mwampamba *et al.* 2013). Estos tienen repercusiones en la visión de diferentes grupos de personas sobre el carbón vegetal, desde científicos hasta campesinos y en las políticas públicas tanto nacionales como internacionales que lo rigen.

Basándose en el artículo de (Mwampamba *et al.* 2013) a continuación se presenta una lista de mitos acerca de la producción tradicional y el uso del carbón vegetal en México utilizando también referencias de otros países. Se utilizará el concepto de mito, propuesto por Enrique Florescano en su libro “Mitos mexicanos”:

*“Los mitos[...]ponen en circulación concepciones del mundo profundamente arraigadas en el imaginario colectivo[...]siendo una de las principales expresiones de la mentalidad colectiva.[...]La verdad en el mito no está en su contenido, sino en el hecho de ser una creencia aceptada por vastos sectores sociales.”* (Florescano 1996)

### *MITO 1: La producción tradicional de carbón no es eficiente*

La eficiencia de producción de carbón vegetal se define como el cociente entre la cantidad de madera utilizada en el horno y el total de carbón vegetal resultante. Normalmente es un valor que se da en masa seca, excluyendo la variación que ocasiona la humedad del

ambiente y de la madera misma y es expresado en porcentaje (FAO 2017). A menor eficiencia de producción, se tendrán que utilizar más recursos del bosque para satisfacer la demanda de carbón vegetal, por lo que se considera una de las variables más importantes para predecir degradación o deforestación (Mwampamba 2007) o para tener una producción sustentable y disminuir los efectos de la producción en el cambio climático (FAO 2017).

Las eficiencias de la producción tradicional reportadas fluctúan considerablemente. En el reporte más reciente de la FAO (2017), se dice que varían de 9 a 30% en hornos de tierra y de 17 a 30% en hornos de hoyo (FAO 2017) (ver diferencias entre ellos en **Figura 2.1**). Para el caso de México, se ha reportado que los hornos tradicionales de tierra tienen una eficiencia del 12 al 20% (Masera *et al.* 2011) y un estudio en la cuenca de Cuitzeo menciona que la eficiencia estimada es de 17% (Camou-Guerrero *et al.* 2016). La gran mayoría de los datos sobre eficiencia de hornos tradicionales se han realizado en condiciones de laboratorio, por lo que es importante generar información de datos en campo (Masera *et al.* 2015). Otro problema respecto a estos datos es su gran variación, el enorme rango de eficiencia en los hornos de tierra, imposibilita entender el impacto que éstos tienen en los bosques. Por lo tanto, resulta importante no solo medir las eficiencias en campo, sino entender qué factores están provocando esta variación.

Las eficiencias reportadas en hornos tradicionales tienen valores mínimos más bajos que en los hornos modernos, aunque tienen la capacidad de tener eficiencias tan altas como ellos (FAO 2017). Por ejemplo, la eficiencia más alta en hornos mejorados es en los hornos de retorta en los cuales el rango de eficiencia es del 22 al 40% y en los hornos de tierra es de 9 al 30% (FAO 2017). En respuesta a la preocupación por las bajas eficiencias en la elaboración tradicional de carbón vegetal, el gobierno mexicano ha promovido hornos mejorados (ver **Figura 2.2**), construidos con ladrillo o metal. Estas medidas tecnocráticas no son negativas en sí, sino que nublan los beneficios que la elaboración tradicional puede tener sobre la industrial. Algunas de ellas son:

- Requieren una menor inversión económica.
- No necesitan trasladar la madera a un sitio particular, porque los hornos tradicionales, al ser de tierra se construyen junto a donde se encuentra la madera.
- Son más flexibles en cuanto a la cantidad de madera necesaria para realizar un horno.

## *MITO 2: La producción de carbón vegetal causa deforestación*

Es importante aclarar la diferencia entre deforestación y degradación. La FAO define a la deforestación como “*la conversión de bosque a otro uso de suelo o la permanente reducción de la cobertura de árboles debajo del 10% del umbral mínimo*” (FAO 2010). Esta definición implica una pérdida total o a largo plazo del bosque y también implica que se da un cambio total en el uso de suelo. La deforestación solo puede ser ocasionada por una perturbación constante de origen antropogénico (bosques convertidos a ciudades) o natural (una erupción volcánica). Por su parte, la degradación consiste en “*la reducción de la capacidad de un bosque para proveer bienes y servicios*” (FAO 2010). Este término incluye las áreas en la que los árboles han sido talados como resultado de una cosecha o

poda, o cuando se espera que los bosques se regeneren naturalmente o con la ayuda de métodos de silvicultura.

No toda la producción de carbón vegetal en México produce deforestación. Esta solo se da en los casos que hay un cambio de uso de suelo a agrícola o urbano. Existen razones para inferir que la mayor parte de la producción de carbón vegetal en México produce degradación y no deforestación:

- Según datos oficiales en México, al menos el 46% del carbón vegetal se realiza con madera de encino (*Quercus* spp.) (SEMARNAT 2016), género conocido por su capacidad de regeneración, por lo que su explotación no genera cambio de uso de suelo.
- El carbón vegetal producido con madera de pino (*Pinus* spp.) normalmente se realiza con los desechos de los aserraderos, ya que la madera del pino al no ser tan densa como la del encino, tiene rendimientos de producción bajos (SEMARNAT 2016).
- Cuando sí se da un cambio de uso de suelo, es común que el carbón vegetal sea un producto secundario para darle un valor agregado a la madera, no el agente que está impulsando la deforestación. Los agentes de deforestación son la agricultura y la explotación de madera para aserraderos (Mwampamba *et al.* 2013).

Este mito permea en diversos sectores desde organizaciones de conservación, investigadores, políticas públicas, hasta los ejidos. Como consecuencia, actualmente muchos países, incluido México, han optado por tomar políticas prohibitivas al relacionar la producción de carbón vegetal con la deforestación (Mwampamba *et al.* 2013).

Como consecuencia de las medidas prohibitivas y por tanto que la producción de carbón vegetal sea informal, se tiene poca información oficial sobre la producción actual de carbón vegetal en el país. Esta situación se ha observado en otros países (Zulu y Richardson 2013; Smith *et al.* 2015) y en otros sistemas tradicionales de bioenergía como la extracción tradicional de leña (Maserá *et al.* 2015).

Con lo anterior podemos vislumbrar que determinar el impacto de la producción de carbón vegetal es muy complicado. Se requiere de estudios locales y regionales que utilicen información temporal y el enfoque paisajístico para poder evaluar el impacto e identificar si es posible mantener el manejo del bosque a largo plazo (Mwampamba *et al.* 2013). Por otra parte, resulta también riesgoso asumir que la producción es o no sustentable, el reto está en generar sistemas sustentables de producción de bioenergía manteniendo los servicios ecosistémicos que el bosque brinda.

### *MITO 3: El uso de carbón vegetal está disminuyendo*

Existe la idea de la “transición energética” o “escalera energética” en la cual se asume que cuando los hogares ganan acceso a “energía limpia, moderna” o a dispositivos eficientes (como el uso de gas LP en estufas caseras), éstos abandonan sin mirar atrás a los combustibles tradicionales o “primitivos”, como la leña y el carbón vegetal (Zulu y Richardson 2013; Maserá *et al.* 2015).

A pesar de esta idea, a nivel mundial la producción de carbón vegetal se ha incrementado un 46% entre año 1996 y 2016 (FAO 2017). En México se prevé que el consumo de carbón vegetal aumente un 20% de 2010 a 2030 (Serrano-Medrano *et al.* 2014). En México el uso del carbón vegetal es predominantemente urbano, por lo que se predice que va en aumento, por el incremento en la población (Masera *et al.* 2011).

*MITO 4: El sector económico del carbón vegetal es irrelevante*

El carbón vegetal y la leña normalmente son excluidos o se cuestiona ampliamente su entrada en los megaproyectos nacionales para satisfacer las necesidades económicas y energéticas. A nivel de impuestos, el carbón vegetal no genera grandes entradas económicas. Esto es consecuencia de que las medidas prohibitivas del gobierno han obligado a que la mayor parte de la producción de carbón vegetal en México se lleve a cabo de manera informal. En México se estima que antes del 2011 tan solo el 1% de la producción de carbón vegetal fue reportada (Masera *et al.* 2011). A pesar de esto, se estima que el carbón vegetal genera alrededor de 30 mil empleos en su producción y 100 mil en su empaque y comercialización (Masera *et al.* 2011).

*MITO 5: El carbón vegetal es un energía mal vista*

Este mito engloba a todos los demás y muestra cómo de manera generalizada el carbón vegetal es visto como un combustible perjudicial (ver **Tabla 1.1**). Todos estos mitos no solo residen en el producto de carbón vegetal, sino que por metonimia o asociaciones también se ven dirigidos a las personas involucradas en su producción; tengan o no permiso gubernamental.

Tabla 1.1 Mitos sobre el carbón vegetal

<b>Mito</b>	<b>Explicación</b>
<i>Sucio</i>	El carbón vegetal se considera poco eficiente, con lo cual impacta de manera negativa al ambiente. También tiene una connotación negativa por manchar y ensuciar.
<i>Poco saludable</i>	La producción tradicional de bioenergía produce procesos de combustión incompleta cuyos compuestos impactan negativamente a la salud (Armendáriz <i>et al.</i> 2008; Zulu y Richardson 2013; Masera <i>et al.</i> 2015).
<i>Primitivo</i>	El carbón vegetal es considerado anti desarrollo porque se le considera primitivo o tradicional y porque a través de la escalera energética se ha pretendido “modernizar” a las poblaciones.
<i>Illegal</i>	El mercado de carbón vegetal ha sido descrito como disperso, pobremente desarrollado, débilmente regulado, corrupto, y que promueve la explotación de sus productores (Zulu y Richardson 2013; Cerutti <i>et al.</i> 2015).
<i>Energía para pobres</i>	El carbón vegetal se asocia con pobreza rural (Zulu y Richardson 2013; Ndegwa <i>et al.</i> 2016).

### 1.3 La tesis propuesta por este estudio

Sin importar si la producción tradicional de carbón vegetal cuenta o no con las formalidades gubernamentales, esta no debe de causar deforestación y su degradación al ambiente debe de ser minimizada. El manejo de la materia prima (biomasa) ha sido el enfoque principal en las intervenciones e investigaciones sobre carbón vegetal en los últimos 50 años (FAO 1985). Sin embargo, aunque se maneje correctamente la biomasa (se respeten los ciclos de corta, se monitoree la salud de los árboles), el tener una eficiencia baja ocasiona que innecesariamente se utilice más materia prima para producir menos carbón vegetal, que cuando se produce con eficiencias altas (FAO 2017).

La transformación de biomasa a carbón vegetal es un paso crítico para asegurar la sustentabilidad de la producción, porque determina la cantidad de madera necesaria para producir un volumen específico de carbón vegetal, es decir, la eficiencia de los hornos. Sin embargo, pocas veces se mide directamente esa eficiencia y casi siempre se usan promedios derivados de otros estudios, a veces de otros sistemas de producción de otros continentes (Kammen y Lew 2005; Masera *et al.* 2015) y asumen un valor homogéneo entre todos los productores de una zona (FAO 2017). Los factores estudiados que afectan esta transformación casi son exclusivamente biofísicos (p.e. especie utilizada, temperatura, presión, niveles de humedad, etc.) o tecnológicos (resumidos a tipo de horno), dejando de lado la importancia que podrían tener los factores sociales a fin de determinar la capacidad de cada individuo para construir y gestionar el horno. Consecuentemente, no se sabe cuál es la variación de eficiencias entre productores, y mucho menos qué influye en estas variaciones.

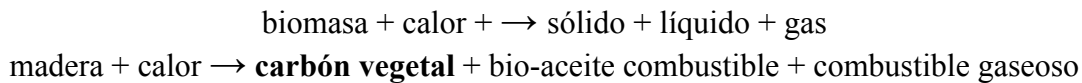
Para poder incentivar los factores que promueven mejores rendimientos, y a su vez, un aprovechamiento más sustentable, es sumamente importante estudiar el rendimiento de hornos de diferentes productores. El presente trabajo busca mejorar el entendimiento actual sobre la eficiencia de los hornos de carbón vegetal en términos de cómo varía entre productores, los factores socioecológicos que contribuyen a las variaciones en sus eficiencias, y las implicaciones de dichas variaciones en los bosques en donde se produce el carbón vegetal.

Existe poca información en México y en América Latina acerca de la producción artesanal de carbón vegetal en bosques nativos. La mayor parte de la información de carbón vegetal en esta región proviene de Brasil, país donde el grueso de la producción de carbón vegetal se elabora de manera industrial (FAO 2017). Muchos otros trabajos más afines a una producción tradicional no fueron sometidos a un proceso de arbitraje o de revisión por pares. Por lo mismo, a lo largo de este trabajo se harán comparaciones de trabajos realizados en países de África subsahariana donde la producción de carbón vegetal muy comparable a aquel de México: de manera artesanal, en bosques nativos y sin permiso gubernamental. Por esta naturaleza, a pesar de tratarse de áreas geográficamente muy separadas, comparten contextos próximos.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1 Transformación de la biomasa a carbón vegetal

Carbonización es el proceso de transformación de madera a carbón vegetal. La carbonización inicia cuando se calienta madera (temperaturas del orden de 250°C – 300°C) en condiciones de muy poco oxígeno en un espacio cerrado (Flores-Flores y Quinteros-Segovia 2008). El aumento de temperatura induce la absorción del calor que lleva a la descomposición de la biomasa separándola en gases volátiles, vapor y carbón sólido (FAO 2017). La pirólisis, desde un punto de vista macro, se puede esquematizar de la siguiente manera:



Debido al requerimiento de la ausencia del aire, la pirólisis debe de realizarse en hornos herméticos donde se pueda controlar la entrada y la salida del aire (ver **Figura 2.1** y **Figura 2.2**). En la pirólisis convencional, el prolongado tiempo de residencia de los sólidos, asegura la homogeneidad de la transformación de manera ordenada, completa y homogénea. La combinación de ausencia de oxígeno y temperatura moderada consigue que los componentes inorgánicos presentes, en particular los metales pesados, no se puedan volatilizar y pasen a la fracción residual (Flores-Flores y Quinteros-Segovia 2008). Para llevar a cabo esta reacción con madera, es deseable que el contenido de humedad sea bajo para evitar usar combustible para evaporarla. Se aconseja que la madera tenga un contenido de humedad no superior al 15 - 20%. La madera fresca recién cortada contiene un 40 - 60% de agua, por lo que se requiere una desecación previa de la misma (Flores-Flores y Quinteros-Segovia 2008).

Los alcances de la eficiencia al momento de carbonizar madera estarán influenciados por la tecnología utilizada. Se utilizará la definición de tecnología como “*el medio para llevar a cabo un propósito humano*” (Arthur 2009), este medio puede ser un método, proceso o artefacto (Ahlborg *et al.* 2017). Por lo tanto, la tecnología implica hacer uso de un fenómeno físico o sus efectos (Ahlborg *et al.* 2017). La tecnología en la carbonización se denota principalmente en el tipo de horno utilizado para llevar a cabo la pirólisis. Existen a grandes rasgos dos tipos de hornos, los tradicionales (ver: **Figura 2.1**) y los mejorados (ver: **Figura 2.2**). Se considera que el uso de hornos mejorados para producir carbón logra ahorros de leña del 25 al 50% con respecto a los hornos tradicionales gracias a que logra mantener altas eficiencias (Maser *et al.* 2011). También en los hornos tradicionales siempre se necesita un porcentaje de biomasa para poder evaporar el agua de la madera, disminuyendo la eficiencia neta (FAO 2017).

Sumado al tipo de horno y al contenido de humedad de la madera, existen otros factores que afectan la eficiencia de la carbonización. Según el más reciente reporte de la FAO (2017) estos son: la densidad y el diámetro de la leña, la especie del árbol, las condiciones

climáticas, el acomodo de la leña y la habilidad del productor para maximizar la carbonización. El estudio de las variables que explican la eficiencia de los hornos se ha centrado en los aspectos biofísicos (Pennise *et al.* 2001; Bailis *et al.* 2013) dejando de lado la habilidad y experiencia del productor (Iiyama *et al.* 2014).

La eficiencia es importante no solo porque puede ayudar a predecir la cantidad de biomasa necesaria para satisfacer la demanda de carbón vegetal, sino que a mayores eficiencias se reducen las emisiones de gases nocivos; por ejemplo, los hornos de retorta reducen las emisiones un 70% comparado con los hornos de tierra, porque el humo que se produce es parcialmente quemado durante la carbonización (FAO 2017). En estudios del impacto ambiental del carbón vegetal se determinó que entre el 73-82% de las emisiones de gases de efecto invernadero no-CO<sub>2</sub> se producen durante la carbonización (Bailis *et al.* 2013). En muchos países en desarrollo la eficiencia de la carbonización es menor del potencial tecnológico y se considera que con nuevas tecnologías (como con hornos mejorados) se podrían realizar substanciales disminuciones en emisiones de gases de efecto invernadero (FAO 2017).



Figura 2.1 Distintos tipos de hornos tradicionales para producción de carbón vegetal. (Imágenes retomadas de Kenny y Dolan 2010).





Figura 2.2 Distintos tipos de hornos mejorados. A) Horno de metal, eficiencia 20-38%; B) y D) Horno de ladrillo, eficiencia 27 a 35%; C) Horno de tambor, eficiencia 20 a 38%; E) Horno de retorta, eficiencia 22 a 40%. Eficiencias obtenidas de (FAO 2017), Fotografías obtenidas de Kalenda *et al.* sin fecha y <http://ecofuelafrika.blogspot.mx/>).

## 2.2 Los sistemas tradicionales de producción de carbón vegetal

Los sistemas tradicionales de manejo han sido el medio principal por el que las sociedades han manejado sus recursos naturales y su territorio (Berkes *et al.* 1995). Berkes *et al.* (1995) proponen una definición de conocimiento ecológico tradicional como: “*la acumulación de un cuerpo de conocimiento y creencias, transmitido por generación a través de la cultura que trata de la relación entre todos los seres vivos, entre ellos y su ambiente*”. Estos sistemas se han diseñado y manejado basados en la experiencia milenaria de personas en todo el mundo y por lo tanto, son una expresión del conocimiento ecológico tradicional y la herencia biocultural (Vallejo-Ramos *et al.* 2016). La biocultura indica que la “*diversidad biológica y la cultural son mutuamente dependientes y geográficamente coexistentes*” (Nietschmann 1992).

La dependencia entre cultura y biodiversidad se resumen en el “axioma biocultural” respaldado por 1) el traslape geográfico entre la riqueza biológica y la diversidad lingüística

2) el traslape entre los territorios indígenas y las regiones de alto valor biológico (actuales y proyectados) 3) la reconocida importancia de los pueblos indígenas como principales pobladores y manejadores de paisajes bien conservados; y 4) la certificación de un comportamiento orientado al uso conservacionista entre los pueblos indígenas, derivados de su conjunto de creencias, conocimientos y prácticas (Toledo 2001).

La producción tradicional de carbón vegetal en México es una rama de un sistema complejo de manejo del paisaje rural y representa parte del acervo biocultural. En un mismo espacio-temporal se están produciendo biocombustibles, hay ganadería, así como cultivo de alimentos (Castillo-Hernández 2017). Como productos de este sistema se obtiene: leña, carbón vegetal, lácteos, carne, cultivos como maíz, frijol, calabaza y árboles frutales (capulín, durazno, pera). A la par, los mosaicos de bosque resultan en parches de árboles en regeneración, los cuales fungen como reservorios de biodiversidad, centros de captura de CO<sub>2</sub> y permiten mantener el resto de los servicios ecosistémicos que el bosque provee (ver **Figura 2.3**).

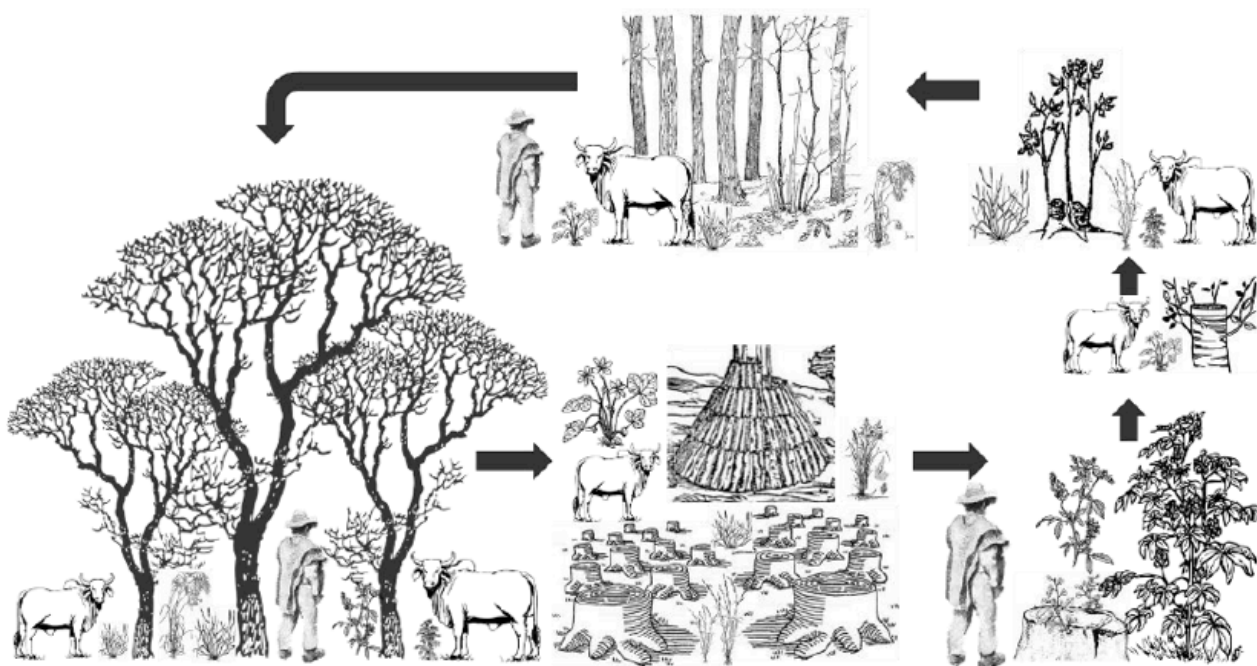


Figura 2.3 Diversos servicios ecosistémicos asociados a la producción tradicional de carbón vegetal. Durante todas las fases del ciclo de producción se permite la introducción del ganado por la presencia de pasto y otras hierbas. Del bosque se extrae la madera para el carbón, plantas útiles y cuando es posible se siembra en la periferia. (Ilustración realizada por T.H. Mwampamba, modificada por Castillo Hernández, 2017).

La producción tradicional de carbón en México hace uso de la habilidad de regeneración del encino (*Quercus* spp.) que les brinda propiedades ecológicas valiosas para la sustentabilidad y la resiliencia del ecosistema (Valbuena-Carabaña *et al.* 2008) (ver **Figura 2.4**). Esta habilidad ha sido utilizada por las poblaciones humanas desde el Mesolítico y ha moldeado y transformado los actuales paisajes culturales (Valbuena-Carabaña y Gil 2017). Los encinos son el género más utilizado para elaborar carbón vegetal en México y es un género de alta relevancia en la biodiversidad porque México tiene de 109 especies

endémicas (Valencia 2004), de las aproximadamente 500 especies (Rogers y Johnson 1998).

Una de las principales preocupaciones del manejo para carbón vegetal es la diversidad genética que tienen los bosques, debido a que como hay reproducción asexual por vástagos, se asume que no hay una producción de semillas (Valbuena-Carabaña *et al.* 2008). Los individuos que sobreviven son los que tienen el vigor suficiente para seguir rebrotando. La preservación de la diversidad genética es base para una buena conservación porque permite mantener la adecuación biológica y el potencial evolutivo para adaptarse a cambios ambientales (Valbuena-Carabaña y Gil 2017). En un estudio realizado con *Quercus pyrenaica* en bosques manejados en España se encontró que este manejo mantiene niveles altos de diversidad genética permitiendo la incorporación de nuevos genotipos por reproducción sexual (Valbuena-Carabaña *et al.* 2008; Valbuena-Carabaña y Gil 2013, 2017). Estos estudios no se han realizado en bosques mexicanos, pero los resultados de *Quercus pyrenaica* refutan la idea de que los bosques manejados tienen una baja diversidad genética (Valbuena-Carabaña *et al.* Gil 2008).



Figura 2.4 Fotografía de rebrote de vástago de *Quercus* spp. En el recuadro blanco se observa el tronco original que fue cortado y con flechas rojas se marcan los rebrotes o vástagos (Foto propia).

Confirmando que el manejo tiene un papel crucial para estimular la diversidad genética de esta especie; los bosques de *Q. pyrenaica* que han sido abandonados por más de cinco décadas presentan un estado general de degradación: estancamiento del crecimiento en diámetro y altura y un secado progresivo de ramas y tronco (Valbuena-Carabaña y Gil 2017). Este problema fue atribuido a la baja diversidad genética del bosque (Valbuena-Carabaña y Gil 2017). Sin embargo, el sobre envejecimiento de los bosques abandonados y las sequías han generado su degradación (Corcuera *et al.* 2006).

En encinares manejados para carbón vegetal en México se ha observado que hay diferencias arquitectónicas entre los encinos rebrotados y los nacidos por semilla (Aguilar

*et al.* 2012). También se encontró que el máximo de productividad es entre 30 y 50 años, cuando la rotación actual para corte del árbol es entre 15 y 20 años. A esta edad el árbol ya tiene el diámetro requerido para transformarlo en carbón (Aguilar *et al.* 2012).

La producción tradicional de carbón vegetal puede ser utilizada como estrategia de desarrollo social, como parte del manejo forestal comunitario en México. Por lo que vale la pena preguntarse cómo se puede satisfacer la demanda actual (la cual va en aumento) de manera sustentable. Existe por tanto la necesidad de crear medios para cuantificar y estudiar el manejo tradicional, sobre todo, aquel no formal del cual se tiene poca información. La eficiencia resulta una variable estratégica que permite entender aspectos sociales y ambientales de la producción.

### III. MARCO CONCEPTUAL

#### 3.1 La producción tradicional de carbón vegetal como ejemplo de acervo biocultural

La producción tradicional de carbón vegetal es un ejemplo de la riqueza biocultural de México. Ésta involucra un complejo biológico-cultural constituido a través de años de intensa interacción entre grupos humanos y los ecosistemas donde se desarrollaron (Toledo y Barrera-Bassols 2008). Este proceso biocultural es de carácter simbiótico o coevolutivo en donde componentes sociales y ambientales del sistema interactúan produciendo sinergias y compensaciones entre ellos (ver **Figura 3.1**).

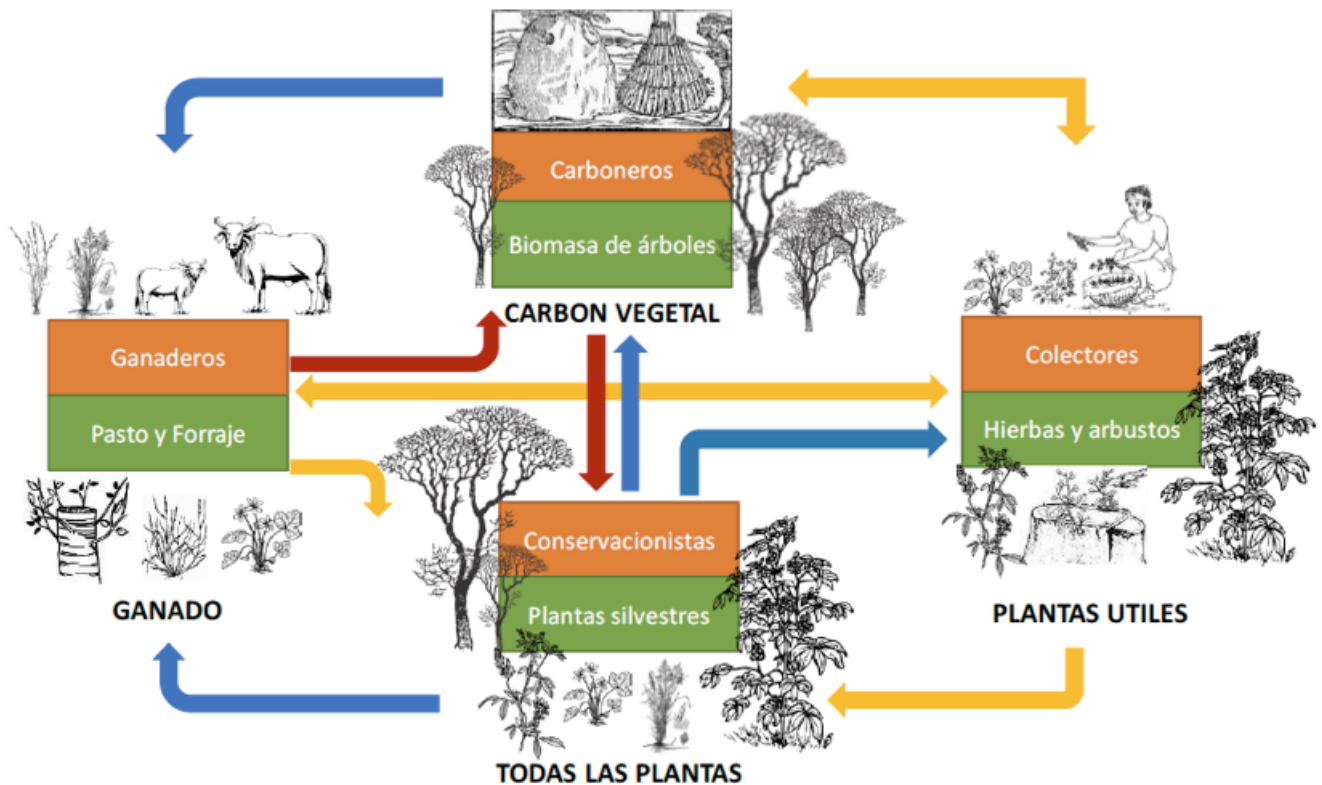


Figura 3.1 Interacciones posibles entre cuatro servicios (carbón vegetal, plantas útiles, ganadería y el ecosistema en su conjunto, representado por todas las plantas) involucrados en un sistema de manejo tradicional de carbón vegetal. Las flechas muestran de manera hipotética una relación causa-efecto. La flecha azul asume un efecto positivo (p.e. entre más plantas más carbón vegetal). La flecha roja asume un efecto negativo (p.e. entre más carbón vegetal, menos plantas silvestres). La flecha amarilla muestra un efecto impredecible (p.e. la colecta de plantas útiles puede incrementar o disminuir la biomasa de los árboles o la abundancia de forraje). (Ilustración realizada por T.H. Mwampamba)

### 3.2 La tecnología como el nexo entre sociedad y ambiente

Los humanos han desarrollado una forma de interactuar con el ambiente a través de una infraestructura construida, entendiendo a esta construcción en un sentido amplio, desde una herramienta, una edificación o la conformación de instituciones (Anderies 2015). Esta infraestructura construida es la tecnología o el medio para lograr una intención humana (Arthur 2009). La tecnología media, moldea, transforma, condiciona y permite relaciones físicas y simbólicas entre el ser humano y el ambiente. La tecnología por tanto, es el nexo entre lo social y lo natural (Ahlborg *et al.* 2017). La tecnología se basa en la cognición humana, su conocimiento y sus motivaciones; por lo tanto, siempre será constituida socialmente y coevolucionará con ella (Arthur 2009). Gracias a la tecnología es que hemos incrementado nuestra capacidad para adaptarnos al ambiente y crear nuevas interacciones a diferentes escalas (Ahlborg *et al.* 2017).

El caso de la producción tradicional de carbón vegetal es un ejemplo de cómo la tecnología (el horno) es el nexo entre el ser humano y los elementos físicos y biológicos necesarios (el fuego, la tierra, los encinos, etc.) para obtener como producto un combustible: el carbón vegetal. Este producto a su vez, nos permite nuevas interacciones con la naturaleza como preparar alimentos para aumentar su digestibilidad, generar nuevos sabores o el desarrollo de la metalurgia, por mencionar algunas. Una variable clave para estudiar el impacto y efectividad de esta tecnología es la eficiencia en la producción de carbón vegetal.

La tecnología tiene la capacidad de rediseñarse para adaptarse a nuevas necesidades hacia una sociedad más sustentable, o dicho de otra manera, no es posible diseñar una civilización más sustentable sin reestructurar su base tecnológica (Ahlborg *et al.* 2017). Con sustentable no solo se refiere a tecnologías más limpias y eficientes, sino a la “democratización” de la tecnología donde se promueva un control más diverso basado en un contexto específico (Ahlborg *et al.* 2017). La tecnología, por lo tanto, puede incrementar el poder humano, transformar nuestras capacidades físicas y por tanto, nuestra capacidad para influenciar el mundo en el tiempo y espacio.

Los productores tradicionales no formales de carbón vegetal cuentan con la tecnología necesaria para elaborar el producto. Sin embargo, no tienen acceso a nuevas o mejores tecnologías, ni a estudiar sus propias tecnologías. Por lo tanto, estudiar el proceso de elaboración tradicional de carbón vegetal posee una relevancia enorme: ambiental por el potencial de impacto que genera en los bosques, entender este sistema ayudaría a generar mejores estrategias de manejo sustentable a través de tecnología más eficiente, y social por la creación de procesos de empoderamiento tecnológico hacia los productores, fortaleciendo su conocimiento, independencia y capacidades de decisión.

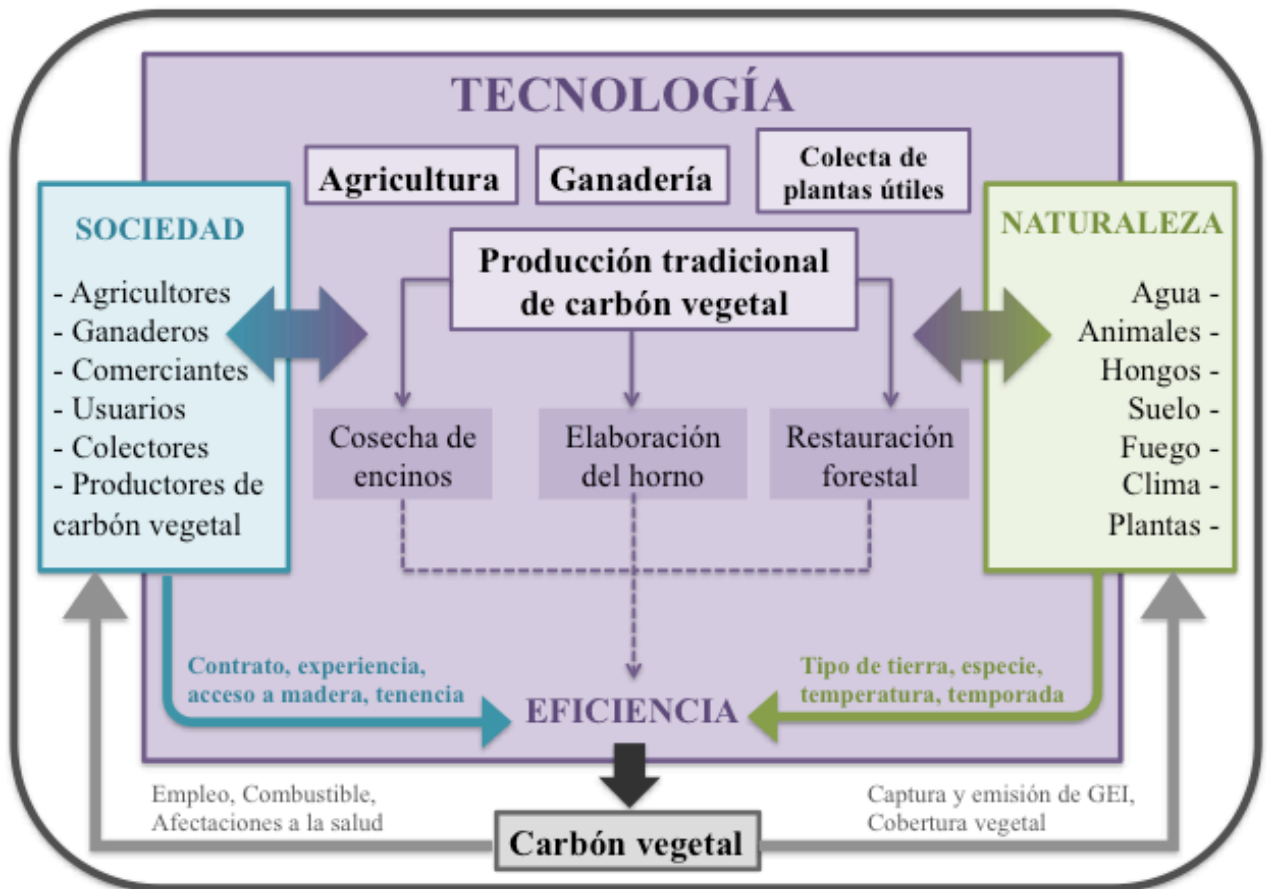
Es por esto que en zonas rurales donde se produce carbón vegetal de manera tradicional es importante entender la eficiencia de producción y los aspectos sociales y ambientales que pueden influir en ella. Esto requiere de una perspectiva integral que incorpore los diferentes aspectos que interaccionan, por ejemplo, a nivel social, entender las interacciones entre los agricultores, colectores, ganaderos y productores de carbón vegetal. A nivel ecológico entender las sinergias y compensaciones en los servicios ecosistémicos y a nivel económico cómo la demanda afecta la presión por la producción. Se trata de procesos complejos que

deben de entenderse de manera holística para poder proponer soluciones apropiadas al contexto en el que se van a ejercer.

### **3.3 Sistemas sociotecnológicos**

Para abarcar el tema de la eficiencia de los hornos, se propone el marco de los sistemas “sociotecnológicos” el cual se basa en el marco de sistemas socioecológicos (Ostrom 2009). La literatura de sistemas socioecológicos usualmente considera a la tecnología en sus análisis como una herramienta, un factor externo o un fondo pasivo (Ahlborg *et al.* 2017). En este trabajo la tecnología es un aspecto central al ser determinante de la eficiencia de producción y representar el nexo entre los factores sociales y ambientales. Por lo tanto, se busca entender el ambiente construido (realizado gracias y a través de la tecnología) como parte de un sistema natural mayor (Ahlborg *et al.* 2017). A su vez, se busca aterrizar el trabajo en conclusiones y recomendaciones políticas que involucren aspectos de la tecnología. Al igual que en los sistemas socioecológicos, se abordará el sistema desde una perspectiva interdisciplinaria (Liu *et al.* 2007) y se buscará integrar el conocimiento tradicional (Pretty 2011).

El acercamiento holístico es importante porque abordar este proceso desde su componente social permite entender las consecuencias socioeconómicas de la producción; desde la parte ambiental permite entender las consecuencias ecológicas de la producción y desde la parte tecnológica permite entender las posibilidad de transformar el sistema de producción dominante o entender las prácticas poco sustentables (Ahlborg *et al.* 2017). A lo largo del trabajo se utilizará el término socioecológico, por ser más sencillo, pero el planteamiento del trabajo pone a la tecnología como un aspecto central (ver **Figura 3.2**).



### Paisaje biocultural del encinar de la cuenca de Cuitzeo

Figura 3.2 Sistema sociotecnológico del paisaje biocultural del encinar de la cuenca de Cuitzeo. Dentro del paisaje biocultural de los encinares de la cuenca de Cuitzeo tenemos la interacción de la sociedad con su entorno natural. Esta interacción se lleva a cabo gracias a la tecnología que puede dividirse en grandes rubros como la agricultura, ganadería, colecta de plantas y la producción de carbón vegetal. Esta producción tendrá una eficiencia dictada por las características de la tecnología misma, así como de aspectos sociales y ambientales. El productor de carbón vegetal a su vez tiene efectos en el entorno social y natural (Elaboración propia).



## **IV. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DEL ESTUDIO**

### **4.1 Objetivo general y específico**

El objetivo general de este estudio es mejorar el entendimiento que existe sobre la eficiencia de los hornos de carbón vegetal. En particular, cómo varía entre productores, los factores socioecológicos que contribuyen a las variaciones en su eficiencia, y las implicaciones (en términos de pérdida de biomasa leñosa) de dichas variaciones en los bosques en donde se produce el carbón vegetal.

Para lograr el objetivo general, se identificaron cuatro objetivos específicos:

1. Describir el manejo actual del carbón vegetal en el área de estudio
2. Generar tipologías de productores según sus características sociales.
3. Determinar si la heterogeneidad social ayuda a explicar diferencias entre la eficiencia de los hornos y en las prácticas de manejo de los productores.
4. Analizar si la heterogeneidad social y de prácticas de manejo generan distintos niveles de consumo de biomasa leñosa.

Logrando estos objetivos, se espera poder contestar las siguientes preguntas de investigación, específicamente para México, pero a grandes rasgos para cualquier otro sistema productivo de carbón vegetal:

Dada la poca información que existe sobre la eficiencia en la producción de carbón vegetal en México ¿Cuál es el rendimiento de producción de carbón vegetal en el área de estudio? ¿Existen diferencias en la eficiencia entre los productores? ¿Estas diferencias pueden ser explicadas por factores socioeconómicos? ¿Es homogéneo o heterogéneo el consumo de biomasa leñosa en la producción de carbón vegetal entre los productores de una misma zona?

### **4.2 Hipótesis**

La revisión de la literatura y el marco conceptual permiten la prueba de cinco hipótesis basadas en los objetivos específicos.

#### *4.2.1. Hipótesis uno, objetivo específico dos*

Los estudios sobre carbón vegetal tienden a asumir que los productores de una zona comparten las mismas prácticas de manejo de los bosques, y de la gestión de los hornos, y por ello, para estudiar su efecto en el bosque, solo se tiene que estudiar el de un productor y multiplicarlo según el número total de productores de la zona. Sin embargo, aunque sea un grupo común de productores de carbón vegetal, siempre tendrán antecedentes distintos

(proviene de distintas familias, tienen contratos de trabajo diferentes, pueden o no ser parte de un ejido, tienen número distintos de familiares que mantener, etc.) lo cual puede permitir que entre ellos haya subgrupos de productores con características comunes que los unen o los distinguen de otros. Cada vez hay más estudios, por ejemplo, que demuestran que hay productores que dependen más que otros en la actividad de carbón vegetal (Smith *et al.* 2015; Jones *et al.* 2016). Algunos la usan como la única fuente de trabajo, y otros como una actividad extra solo para aliviar momentos financieros difíciles (como para pagar colegiaturas, costos relacionados a enfermedades o muertes, etc. (Gutiérrez-Ruvalcaba 2012; Smith *et al.* 2015; Jones *et al.* 2016). A partir de esto, se formuló la hipótesis de trabajo:

**H<sub>1</sub>: Los productores de carbón vegetal son un grupo social heterogéneo cuyas principales diferencias estarán asociadas a factores sociales como la experiencia que tengan en la producción de carbón vegetal, la dependencia que tengan a este trabajo y el tipo de contrato con el cual llevan a cabo esta actividad.**

#### *4.2.2 Hipótesis dos, tres y cuatro, objetivo específico tres*

Existe una gran variación de datos acerca de las prácticas de manejo (tamaño de los hornos, tipo de hornos, etc.) y la eficiencia en la producción tradicional de carbón vegetal. Según el último reporte de la FAO, la eficiencia de los hornos tradicionales de tierra es de 9 a 30% (FAO 2017). Este enorme umbral no permite conocer la biomasa leñosa total que esta actividad utiliza de los bosques. La variación de la eficiencia y las prácticas de manejo se han explicado por medio de factores biofísicos, como la especie del árbol, las temporadas del año, el tipo del horno, etc. (Pennise *et al.* 2001; Bailis *et al.* 2013; FAO 2017). Sin embargo, la heterogeneidad social propuesta en la hipótesis de trabajo uno podría, a su vez, implicar que estas diferencias sociales también pueden ayudar a explicar la variación que hay en la eficiencia de los hornos y en las prácticas de manejo de los productores. Por lo tanto, se plantea una segunda hipótesis de trabajo donde se intenta entender si a nivel individual hay diferencias en las prácticas de manejo, siendo:

**H<sub>2</sub>: Las prácticas en la elaboración de carbón vegetal (p.e. la eficiencia de producción, el tamaño del horno, el número de días de secado de la biomasa, etc.) son heterogéneas a nivel individual en la producción de carbón vegetal.**

Se plantea así mismo, una tercer hipótesis en la que utilizando los resultados del objetivo 2 (las posibles agrupaciones de productores) se buscará determinar si a nivel grupal se pueden encontrar diferencias en las prácticas de manejo y en la eficiencia de los hornos:

**H<sub>3</sub>: Las prácticas en la elaboración de carbón vegetal (p.e. la eficiencia de producción, el tamaño del horno, el número de días de secado de la biomasa, etc.) son heterogéneas a nivel grupal (resultados objetivo 2) en la producción de carbón vegetal.**

Se buscó comprobar si las prácticas de los productores varían significativamente según la temporada del año (lluvia/secas). La actividad de elaborar el carbón vegetal se hace en el intemperie, expuesta a los elementos, por lo que se espera que en temporadas de lluvias se dificulte la elaboración del horno debido a los altos niveles de humedad. Además, la lluvia intensa puede ocasionar aperturas no deseadas en el horno, y esta temporada coincide con la introducción del ganado (el cual llega a pisar el horno) y con la época de siembra, por lo cual muchas veces los productores tienen menos tiempo para cuidar el horno. Para corroborar que la temporada del año (lluvia/secas) no esté influenciando los datos y sea esto lo que muestre o no diferencias en las prácticas de los productores, se propuso la siguiente hipótesis de trabajo:

**H<sub>4</sub>: Las prácticas de elaboración de carbón vegetal de los productores y la eficiencia resultante se ven influenciadas por la temporada del año en donde en específico, se espera observar menor eficiencia y menor producción de carbón vegetal.**

#### *4.2.3 Hipótesis cinco, objetivo específico cuatro*

Estudios que intentan a estimar la pérdida de biomasa leñosa causada por la producción de carbón vegetal sobre los bosques, asumen cifras estandarizadas entre productores sin considerar variaciones en las prácticas entre ellos que pueden afectar su impacto. Se eligió la variable de remoción de biomasa leñosa debido a que ésta tiene impactos en el hábitat de diversas especies, absorción y almacenamiento de CO<sub>2</sub>, protección de la erosión y provee de servicios culturales y oportunidades económicas (FAO 2015). Las hipótesis previas asumen que hay diferencias entre productores, estas diferencias influyen su capacidad en transformar la biomasa a carbón vegetal. Si esto es el caso, habrá variaciones entre productores en términos de su impacto. Por lo tanto habrá características sociales (p.e. algún tipo de contrato o un mínimo de años de experiencia) que permitan que la producción de algunos productores sea más sustentable que otros. En estos términos:

**H<sub>5</sub>: Habrá distintas condiciones sociales (p.e. acceso a biomasa y experiencia) entre productores de carbón vegetal que promuevan mayor o menor consumo de biomasa leñosa.**

## V. METODOLOGÍA

Se decidió llevar a cabo este estudio en la cuenca de Cuitzeo, una zona cerca de la Ciudad de Morelia, en el Estado de Michoacán (**Figura 5.1**) donde investigadores del IIES y CIGA UNAM, Morelia han trabajado los aspectos sociales y ecológicos de la producción tradicional de carbón vegetal desde 2008 (Aguilar *et al.* 2012; Caballero-Camacho 2015; Camou-Guerrero *et al.* 2016; Castillo-Hernández 2017; Ramírez-Mejía *et al.* 2018).

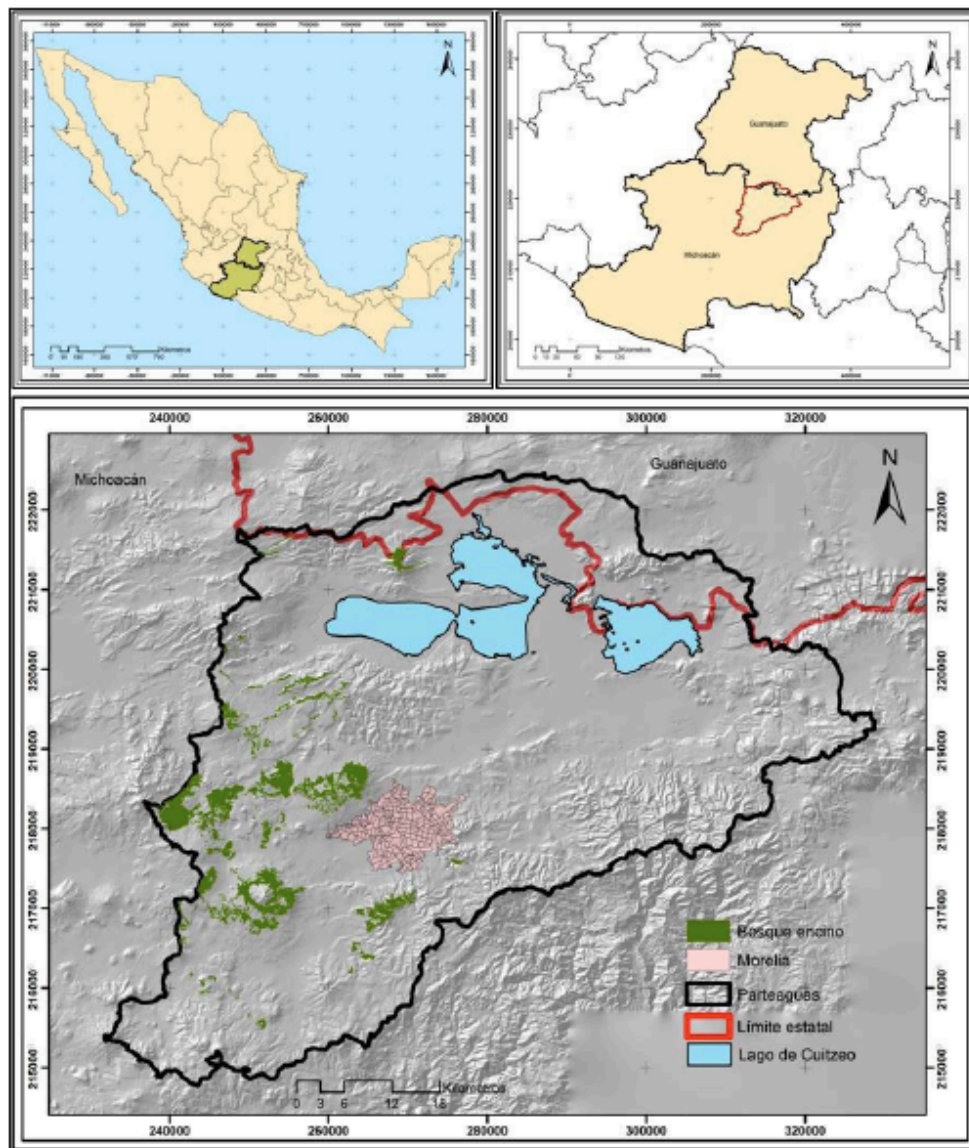


Figura 5.1 Ubicación de la cuenca de lago de Cuitzeo (Retomado de Caballero-Camacho 2015).

La producción de carbón vegetal en la cuenca de Cuitzeo se realiza a través de un manejo tradicional en el cual el mismo terreno es utilizado para introducir ganado (Castillo-Hernández 2017). La agricultura se realiza de manera paralela en terrenos aledaños (Camou-Guerrero *et al.* 2016). Es común que los productores dediquen las épocas de

lluvias a la producción de alimentos y la época de secas a la producción de carbón (Camou-Guerrero *et al.* 2016). La forma de producción es a través de hornos de tierra tradicionales. El carbón vegetal se produce casi exclusivamente con madera de encino (*Quercus* spp.) (Aguilar *et al.* 2012).

La mayor parte de la producción de carbón vegetal en la cuenca de Cuitzeo se lleva a cabo de manera no regulada, es decir, sin un plan de aprovechamiento sustentable (Camou-Guerrero *et al.* 2016). Según el Censo Agropecuario 2007 (INEGI 2008) de todos los municipios de la cuenca, solo tres de ellos reportaron producción de carbón vegetal (Hidalgo, Morelia y Pátzcuaro), sumando un volumen total de tan solo 8.85m<sup>3</sup>. En estudios más recientes, se documentó que más del 80% de la producción de carbón vegetal en la cuenca carece de plan de manejo formal de SEMARNAT (Camou-Guerrero *et al.* 2016). Dado la naturaleza clandestina de la producción de carbón vegetal en la zona, estas experiencias y buenas relaciones construidas entre los productores de la zona e investigadores de la UNAM a lo largo de ocho años, permitieron un acercamiento de confianza con los productores que luego se amplió a través de este estudio. Consecuentemente, a lo largo del presente trabajo se guardará la anonimidad de todos los productores que fueron entrevistados, así como de las localidades en las que fueron efectuadas las entrevistas o las mediciones de los hornos. A los productores se les referirá con un número único de P1 a P46 y a las localidades con una letra única de “A” hasta “Q”.

## 5.1 Descripción del área de estudio

Investigaciones previa en la zona ha definido las áreas aptas para la producción de carbón vegetal en la cuenca de Cuitzeo de acuerdo con la cobertura de los bosques de encino (Ver: **Figura 5.2**). Éstas son: A) Poniente Próximo; B) Cerro del Águila; C) Sur Próximo; D) Norte Próximo, y E) Norte Extremo (Camou-Guerrero *et al.* 2016).

Entre ellas se eligió: **A) Poniente Próximo** al ser la que cubre mayor extensión y presenta una gran densidad de bosques de *Quercus*. También es el área que ha sido más estudiada. Se han registrado 6 localidades (de 26 que están ubicadas dentro de la región) que producen carbón, o que presentan productores de carbón en activo. Las localidades de Tremendo Jasso, Zajo Grande y Zajo Chico tienen alta proporción productores de carbón, mientras que Tiristarán, Joyitas y San Bernabé presentan productores pero en más baja densidad (Camou-Guerrero *et al.* 2016).

En un estudio realizado por (Caballero-Camacho 2015) dentro de **Poniente Próximo**, se generó un mapa de cosecha de carbón vegetal por medio de interpretación visual, en el cual se identificaron las zonas de aprovechamiento de encinares. Los resultados mostraron que las áreas de mayor producción son aquellas cercanas a las localidades de: Cuto de la Esperanza, Tiristarán, Zajo Chico, Zajo Grande y San Bernabé (Caballero-Camacho 2015).

### 5.1.1 Características físicas del área de estudio

La cuenca del Lago de Cuitzeo se encuentra dentro de la región fisiográfica conocida como Sistema Volcánico Transversal, en la zona centro-sur de México, entre los estados de Michoacán y Guanajuato (Morales-Manilla 2010), en los 19°30' y 20°05' norte, 100°35' y 101°30' oeste (Camou-Guerrero *et al.* 2016). Es una cuenca de tipo endorreica, su origen es consecuencia de la obstrucción del drenaje superficial por la formación de volcanes, además de la presencia de fallas geológicas activas.

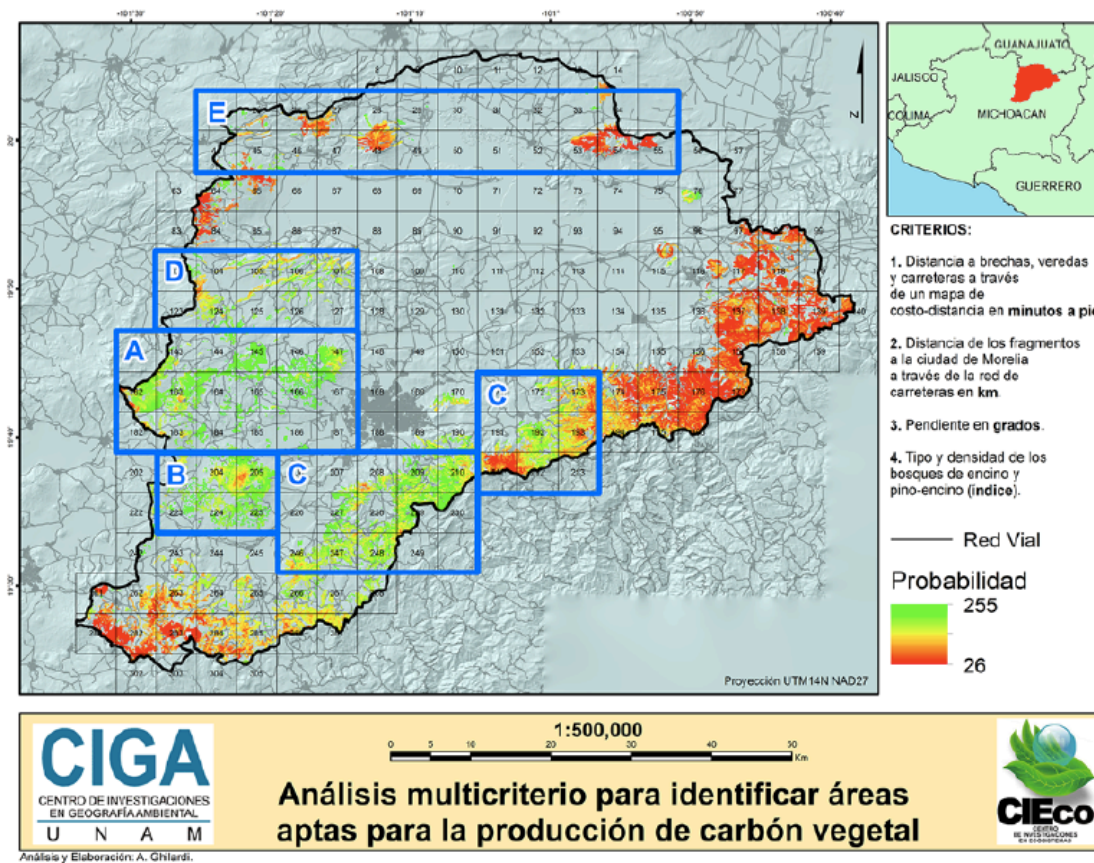


Figura 5.2 Áreas aptas para la producción de carbón vegetal en la cuenca de Cuitzeo. (Retomado de Camou-Guerrero *et al.* 2016).

La extensión de la cuenca es de aproximadamente 4000 km<sup>2</sup> de los cuales la mayor parte le corresponde al estado de Michoacán. Por su extensión, el lago de Cuitzeo es el segundo cuerpo de agua de origen natural más grande de México, superado solamente por el lago de Chapala (Morales-Manilla 2010).

La altitud de la zona va de 1,250 msnm hasta 2,800 msnm. El clima que predomina es Cw (según clasificación de Köppen) que corresponde a un invierno seco donde las precipitaciones anuales no superan los 2000mm (Vidal-Zepeda 2010). Las temperaturas medias anuales comprendidas son entre 18 y 22°C, consideradas semicálidas (Vidal-Zepeda 2010) pero pueden variar mucho debido a los cambios en la altitud. Predominan

precipitaciones de 600 a 800 mm anuales. La temporada de lluvias abarca el periodo de mayo a octubre. La temporada de secas es el resto del año (noviembre a abril); siendo febrero y marzo los meses más secos. La lluvia en invierno representa menos del 5% del total anual (Vidal-Zepeda 2010).

### 5.1.2 Características bióticas del área del estudio

La cobertura vegetal predominante en la zona es de bosques mixtos de *Quercus* spp. y *Pinus* sp (López *et al.* 2010). De manera preliminar se han encontrado 16 especies de encino en la cuenca de Cuitzeo (Camou-Guerrero *et al.* 2016). A pesar de que no existe un inventario integral de la cuenca de Cuitzeo, se estima que el área de estudio alberga una flora vascular espontánea del orden de 2,000 a 2,200 especies (más de la tercera parte de la flora de Michoacán) (Rzedowski 2010). De ellas, al menos 130 son árboles, más de 110 tienen hábito trepador, casi 50 viven de manera obligada o preferente como epífitas, alrededor de 220 corresponden a plantas acuáticas y subacuáticas, aproximadamente 120 pertenecen al grupo de las pteridofitas y más de 290 se comportan por lo general como malezas. Cerca del 60% de las especies de plantas vasculares nativas de la región son endémicas. En términos de utilidad, puede calcularse que alrededor de las dos terceras partes de los componentes de esta flora tienen algún uso local (Rzedowski 2010).

### 5.1.3 Uso de suelo en la Cuenca de Cuitzeo

El Inventario Estatal Forestal y de Suelos de Michoacán de Ocampo (2014) divide al estado de Michoacán en regiones, entre las cuales se encuentra la Región III, Cuitzeo. Esta división la hacen con base en la cuenca de Cuitzeo y la división política de los municipios. Por lo anterior, de los 26 municipios que abarca la cuenca, la Región Cuitzeo está conformada por 13 de ellos, pero son aquellos que tienen la mayor superficie dentro de la cuenca, por lo que representan una área considerable de la zona de estudio. Los 13 municipios son: Acuitzio, Álvaro Obregón, Charo, Chucándiro, Copándaro, Cuitzeo, Huandacareo, Indaparapeo, Morelia, Queréndaro, Santa Ana Maya, Tarímbaro y Zinapécuaro (COFOM 2015).

La región Cuitzeo posee una superficie total de 395,337 ha; de ellos el 48% son terrenos en uso forestal. Del total de superficie forestal, el 27% corresponde a bosques de pino-encino y 12% a bosques de encino (COFOM 2015). La superficie arbolada de la región Cuitzeo es de 87,893 ha, distribuidas en 22,079 ha de bosque de encino (25%), 4,581 ha de bosque de pino (5%) y 51,233 ha de bosques de pino-encino (58%) (COFOM 2015) Ver **Figura 5.3**.

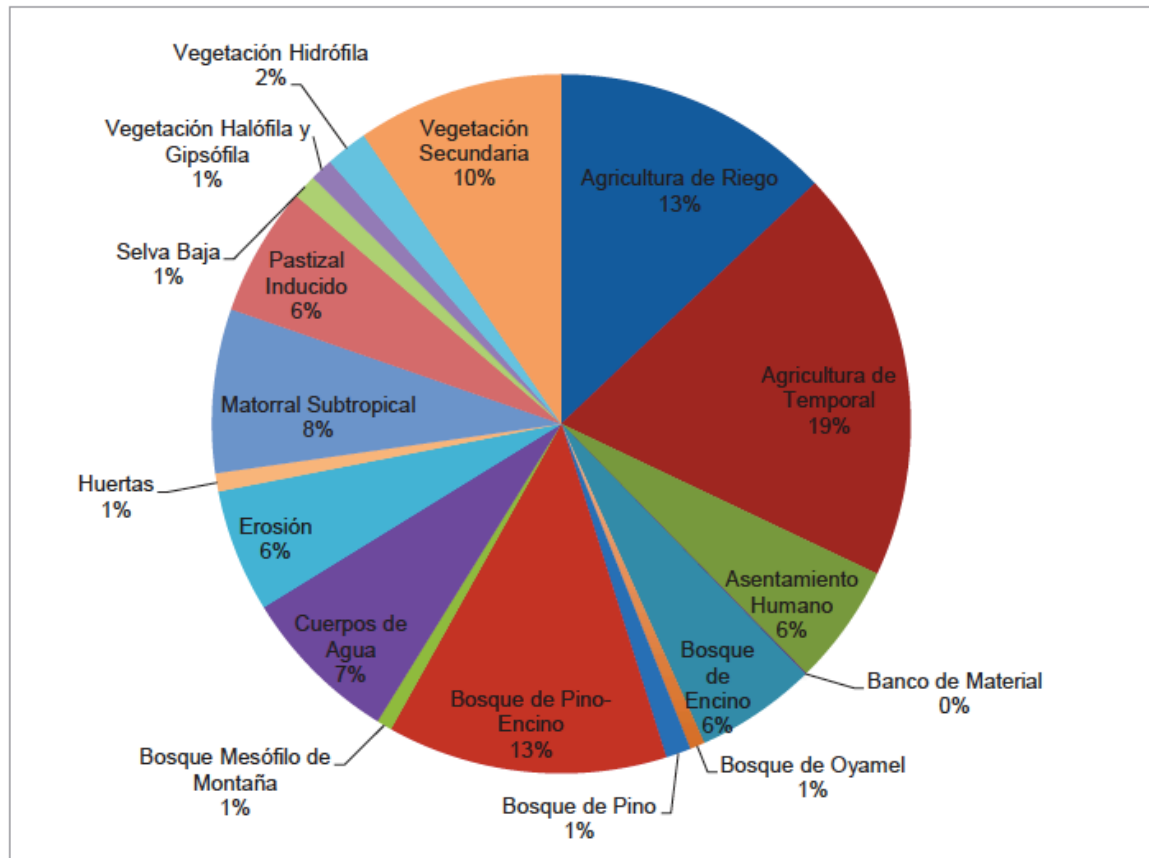


Figura 5.3 Porcentaje de vegetación y uso de suelo en la región Cuitzeo, (Retomado de COFOM 2015).

#### 5.1.4 Características sociales de la Cuenca de Cuitzeo

En la cuenca de Cuitzeo se asientan parcial o totalmente 21 municipios del Estado de Michoacán y cinco del Estado de Guanajuato (Camou-Guerrero *et al.* 2016). La cuenca de Cuitzeo se encuentra repartida en tres formas de propiedad: ejidal (68.2%), comunal (19.7%) y pequeña propiedad (12.1%), existen en la cuenca un total de 22,765 campesinos (45%) que no poseen tierra (Franco Gaona *et al.* 2010).

Según los datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO), el 69.23% de los municipios poseen un nivel de marginación medio o alto, ver **Tabla 5.1** (CONAPO 2016). Según el Censo de Población y Vivienda de 2010, Michoacán fue el estado de la república con más emigrantes a Estados Unidos de América. Por lo mismo, no sorprende que la mayor parte de los municipios de la cuenca (cerca del 80%) tienen índices altos y muy altos de intensidad migratoria (Tuirán y Ávila 2002).



Tabla 5.1 Principales indicadores de marginación en los 26 municipios de la cuenca de Cuitzeo (CONAPO 2016).

ESTADO	MUNICIPIO	Población Total	% de población de 15 años o más analfabeta	% población con ingresos de hasta 2 salarios mínimos	Índice de Marginación	Grado de Marginación
Guanajuato	Acámbaro	112,125.00	8.64	49.83	-0.86	Bajo
	Moroleón	50,377.00	6.58	47.78	-1.20	Muy bajo
	Salvatierra	100,391.00	9.83	53.13	-0.64	Bajo
	Uriangato	62,761.00	7.30	50.44	-1.01	Bajo
	Yuriria	69,763.00	11.22	59.05	-0.42	Medio
Michoacán	Acuitzio	11,425.00	8.90	58.63	-0.22	Medio
	Álvaro Obregón	21,651.00	10.10	59.37	-0.49	Medio
	Charo	21,784.00	8.43	43.59	-0.55	Bajo
	Chucándiro	4,559.00	15.38	58.58	0.19	Alto
	Copándaro	9,151.00	10.15	56.39	-0.37	Medio
	Cuitzeo	29,681.00	11.74	57.47	-0.29	Medio
	Hidalgo	122,619.00	8.46	59.00	-0.26	Medio
	Huandacareo	11,723.00	11.61	59.40	-0.47	Medio
	Huaniqueo	8,093.00	13.14	67.13	0.01	Medio
	Huiramba	8,838.00	8.25	44.47	-0.40	Medio
	Indaparapeo	16,990.00	11.13	63.54	-0.17	Medio
	Lagunillas	5,571.00	9.14	49.46	-0.44	Medio
	Madero	18,030.00	15.10	59.62	0.72	Alto
	Morelia	784,776.00	3.52	33.74	-1.47	Muy bajo
	Morelos	7,806.00	11.28	65.13	-0.14	Medio
	Pátzcuaro	93,265.00	7.24	53.76	-0.64	Bajo
	Queréndaro	13,836.00	8.34	63.82	-0.47	Medio
	Quiroga	27,862.00	11.65	67.00	-0.27	Medio
	Santa Ana Maya	12,466.00	13.05	60.44	-0.36	Medio
	Tarímbaro	105,400.00	5.63	39.17	-0.92	Bajo
Zinapécuaro	47,327.00	9.79	63.46	-0.34	Medio	
<b>Total/Promedio</b>		<b>1,778,270.00</b>	<b>9.83</b>	<b>55.52</b>	<b>-0.44</b>	<b>Medio</b>
<b>Desviación Estándar</b>		<b>NA</b>	<b>2.69</b>	<b>8.42</b>	<b>0.43</b>	<b>NA</b>

## 5.2 Métodos

El estudio se llevó a cabo con la aplicación de métodos mixtos de investigación – desde las ciencias sociales como son las observaciones en campo, entrevistas con productores, talleres y encuestas y aquellos de las ciencias naturales como es la medición de las eficiencias de los hornos y la estimación del impacto ambiental de la producción de carbón vegetal, resumidos en la **Tabla 5.2**.

El trabajo de campo consistió en realizar entrevistas semi-estructuradas y a profundidad, talleres con productores, observación participante y la obtención de del rendimiento de los hornos. Para generar información y datos para abarcar los objetivos uno, dos y tres. El objetivo cuatro se abarcó usando modelación hipotética con los datos recopilados para los otros objetivos. Los análisis estadísticos se aplicaron para probar las hipótesis una, dos y tres utilizando pruebas de Friedman, ANOVA, PCA y Análisis de Conglomerados.

El conjunto de los resultados permite abarcar el objetivo general de mejorar el entendimiento actual que existe sobre la eficiencia de los hornos de carbón vegetal en términos de cómo varía entre productores, los factores socioecológicos que contribuyen a las variaciones en su eficiencia, y las implicaciones de dichas variaciones en los bosques en donde se produce el carbón vegetal.

Tabla 5.2 Resumen de métodos según los objetivos particulares.

<b>Objetivo particular</b>	<b>Métodos de recopilación de datos</b>	<b>Métodos analíticos</b>	<b>Hipótesis de trabajo</b>
<b>UNO</b>	- Entrevistas semi-estructuradas - Entrevistas a profundidad - Talleres con productores - Observación participante	NA	NA
<b>DOS</b>	- Entrevistas semi-estructuradas	- Análisis de componentes principales - Análisis de Conglomerados	<b>H<sub>1</sub></b> : Los productores de carbón vegetal son un grupo social heterogéneo cuyas principales diferencias estarán asociadas a factores sociales como la experiencia que tengan en la producción de carbón vegetal, la dependencia que tengan a este trabajo y el tipo de contrato con el cual llevan a cabo esta actividad.
<b>TRES</b>	-Obtención de rendimiento de hornos	- ANOVA - Análisis de Friedman	<b>H<sub>2</sub></b> : Las prácticas en la elaboración de carbón vegetal (p.e. la eficiencia de producción, el tamaño del horno, el número de días de secado de la biomasa, etc.) son heterogéneas a nivel individual en la producción de carbón vegetal.  <b>H<sub>3</sub></b> : Las prácticas en la elaboración de carbón vegetal (p.e. la eficiencia de producción, el tamaño del horno, el número de días de secado de la biomasa, etc.) son heterogéneas a nivel grupal (resultados objetivo 2) en la producción de carbón vegetal.  <b>H<sub>4</sub></b> : Las prácticas de elaboración de carbón vegetal de los productores y la eficiencia resultante se ven influenciadas por la temporada del año en donde en específico, se espera observar menor eficiencia y menor producción de carbón vegetal.
<b>CUATRO</b>	- Entrevista semi-estructuradas - Taller en localidad "P" -Entrevista no estructurada a P26 -Obtención de rendimiento de hornos	NA	<b>H<sub>5</sub></b> : Habrá distintas condiciones sociales (p.e. acceso a biomasa y experiencia) entre productores de carbón vegetal que promuevan mayor o menor consumo de biomasa leñosa.

### *5.2.1 Recopilación de datos en campo*

#### *5.2.1.1 Observación participante*

Se realizó observación participante en todas salidas de campo e interacciones con productores desde septiembre 2014 a enero 2018. Este método implica establecer un buen entendimiento mutuo con una comunidad no conocida y retirarse cada día para poder reflexionar sobre lo aprendido, ponerlo en perspectiva y escribir sobre ello (Bernard 2006). Las observaciones fueron escritas en un diario de campo.

#### *5.2.1.2 Entrevistas no estructuradas*

Entre septiembre 2014 a julio 2017 se realizaron siete entrevistas no estructuradas. Seis de ellas a productores (P2, P8, P9, P11, P26, P35) y una a un dueño en la localidad “F” donde se produce carbón vegetal. Las entrevistas no estructuradas están basadas en un plan definido que es mantenido constantemente, aunque también está caracterizado por un mínimo de control sobre las respuestas del informante, es muy versátil (Bernard 2006). Estas entrevistas fungieron como guía para realizar las entrevistas semiestructuradas (qué preguntas incluir utilizando vocablos y expresiones coloquiales) y para triangular información.

#### *5.2.1.3 Entrevista semi-estructurada*

Se realizaron entrevistas semi-estructuradas (de noviembre 2014 a septiembre 2016) a 46 productores de carbón residentes en el área de estudio. Las entrevistas son un método que consiste en un listado de preguntas y temas que deben ser tratados en un orden particular (Bernard 2006). Se decidió aplicarlas porque ya se contaba con una selección de los temas que nos interesaba tratar, así como de la información faltante.

La selección de productores para entrevistar fue a través del método “bola de nieve” el cual consiste en localizar a uno o más informantes clave y se les pide que nombre a otros candidatos posibles para la investigación (Bernard 2006). Se eligió este método porque al preguntar acerca de una actividad que no es formal, daba más confianza al entrevistado que nos acercáramos a través de un conocido suyo. La entrevista abarcó cuatro grandes rubros que son (Ver: **Anexo 10.1**):

- **Proceso técnico**
  - A. Experiencia y Frecuencia de producción
  - B. Conocimiento y Perspectiva
- **Economía de productores**
  - C. Familiar
  - D. Comunidad
  - E. Abastecimiento
- **Marco institucional entre productores**
  - F. Acuerdos

- **Marco legal**
  - G. Consecuencias de ilegalidad

#### *5.2.1.4 Listado libre modificado*

La entrevista semi-estructurada incluye un listado libre modificado, el cual consiste en enumerar todos los dominios culturales de un tema (Bernard 2006). En este se pidió a los productores de carbón que enlistaran en orden de importancia las características relevantes para construir el horno de leña. Aquellas características mencionadas en primer lugar tuvieron un valor de cinco (5) puntos, en segundo lugar de cuatro (4), y así sucesivamente. Se sumó el número total de puntos y se calculó el porcentaje de menciones de cada factor. Este método revela información importante sobre las percepciones de los productores respecto a las prácticas más importantes para realizar un buen horno y sobre dónde se pueden concentrar los esfuerzos al momento de elaborar el horno.

#### *5.2.1.5 Talleres con productores*

Se realizaron dos talleres con productores de carbón vegetal con el objetivo de triangular información de las entrevistas, corroborar la información obtenida y presentarles nuestra investigación.

Se decidió utilizar talleres para poder presentar nuestro trabajo a más personas, aumentar la confianza con nuestros informantes, abrir una discusión con grupos comprensivos y que el gremio de los productores se conociera.

El primero se realizó en la localidad “D” el 26 de septiembre de 2016. A este taller asistieron 16 productores (ver **Anexo 10.2**). El segundo taller se realizó en la localidad “P” el 16 de julio de 2017. A este taller asistieron 20 productores (ver **Anexo 10.3**). Ambos talleres se centraron en entender aspectos de la producción de carbón vegetal, factores que han permitido mantener la producción por muchos años, etc. El taller se enfocó en desglosar aspectos sociales, ambientales y económicos.

#### *5.2.1.6 Obtención del rendimiento de hornos*

Se midió la eficiencia en la producción de 24 hornos de carbón vegetal, provenientes de siete productores diferentes (ver **Anexo 10.4**). Esta información se generó al pesar el total de madera utilizada en el horno con una balanza (Mini CRANE SCALE modelo SF-918, capacidad de 300kg,  $\pm 0.0$ ) y el carbón resultante (ver **Figura 5.4**). La madera se clasificó según la especie. Es una práctica común que después de ser cortada, la madera se deja secar unos días para luego meterse al horno y así ahorrar energía. Utilizando dos curvas alométricas, una para época de lluvias y otra para secas, se estimó la pérdida de agua de la madera.



Figura 5.4 Método utilizado para el pesado de biomasa (Foto de T.H. Mwampamba)

## 5.2.2 *Análisis de la información*

### 5.2.2.1 *Análisis de Conglomerados y Análisis de Componentes Principales*

Para abordar  $H_1$ , se realizó un Análisis de Conglomerados y un Análisis de Componentes Principales (PCA por sus siglas en inglés) para 12 variables de tipo social (**ver Tabla 5.3**). Se tomó la información de 42 de los 46 productores entrevistados. Se excluyó a uno de ellos debido a que detuvo su producción hace más de un año y a tres por falta de información. Debido a que las variables son de naturaleza heterogénea (hubo variables continuas, binomiales, ordinales y nominales) se realizó una matriz de Gower. Esta matriz permite la manipulación simultánea de variables cuantitativas y cualitativas en una base de datos (Gower 1967) y se ha utilizado con anterioridad para aplicarse a la matriz nueva del análisis de Conglomerados (Chauza López y Villa Villada 2011). La matriz de distancias fue calculada sobre la matriz de datos originales. Todos los análisis estadísticos se realizaron en el software de código abierto RStudio versión 1.0.143 (RC Team 2014).

Tabla 5.3 Descripción de las variables utilizadas en el Análisis de Conglomerados y el PCA.

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	EXPLICACIÓN
Acceso a la madera	Ordinal	Se realizó una comparación del acceso a madera que tienen los productores que los productores según si: <ul style="list-style-type: none"> <li>• son dueños (100)</li> <li>• rentan la madera del dueño (85)</li> <li>• es dueño de la madera pero ocasionalmente trabaja para alguien que le paga un tercio de lo que gane (80)</li> <li>• rentan la madera de otro productor le da un cuarto de lo que gana al dueño (75)</li> <li>• le da un tercio de lo que gana al dueño de la madera (66)</li> <li>• le da la mitad de lo que gana al dueño de la madera (50)</li> <li>• le paga un tercio de lo ganado al dueño y tiene el trato con un productor (55)</li> <li>• le pagan un precio fijo por los kg de carbón que produce y tiene el trato con otro productor (40)</li> <li>• le pagan un precio fijo por horno (20)</li> </ul>
Número de trabajos que tienen aparte de producir carbón vegetal	Continua	Es una variable de 0 a n donde 0 significa que no tienen otros trabajos aparte de hacer carbón vegetal.
Número de lugares dentro de la cuenca de Cuitzeo donde ha producido carbón vegetal	Continua	Es común que los productores trabajen en diferentes rancherías de la zona o en otros pueblos.
Número de ayudantes	Continua	Normalmente los productores tienen algún familiar que los apoyan en el trabajo de hacer el horno de manera no remunerada (esposa, hijos).
Número de productores trabajando en el mismo terreno	Continua	En un mismo terreno puede haber más de un productor trabajando dependiendo del tamaño del mismo, o de la rapidez con la que se necesite producir el combustible.
Precio que reciben por kg de carbón vegetal	Continua	El precio por kg que se les paga a los productores varía según el comprador del carbón y si el trato es directamente con el dueño del terreno o con el productor.
Días que tardan en pagarle	Continua	Muchas veces los productores tienen que esperar varios días para recibir el dinero del carbón que vendieron.
Experiencia	Continua	Número de años que llevan produciendo carbón
Número de familiares a los que mantiene	Continua	El número los incluye a ellos mismos.
Persona con la que entablan el contrato para la producción	Binomial	En caso de que los productores no sean dueños de las tierras ellos entablan un contrato con los dueños o con otro productor que por su parte tiene un contrato con el dueño.
Tipo de herramienta	Binomial	Utilizan motosierra o hacha para cortar la madera.
Tipo de contrato con el que les pagan por su trabajo.	Nominal	Los contratos con los que se les paga a los productores varían a lo largo de la cuenca: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Son dueños de la tierra donde producen carbón</li> <li>• Le pagan al dueño un porcentaje de lo ganado con la venta del carbón</li> <li>• Le pagan al dueño una renta en un tiempo determinado para poder utilizar la madera</li> <li>• Les pagan un precio fijo por horno que produzcan</li> <li>• El dueño les da un precio menor por kg de carbón para quedarse con una parte</li> </ul>

#### 5.2.2.2 Prueba no paramétrica de Friedman

Para determinar si existen diferencias significativas entre las prácticas individuales de producción de carbón vegetal (Objetivo 3,  $H_2$ ) se realizó una prueba no paramétrica de Friedman utilizando cinco variables de cinco productores. Se decidió por un método no paramétrico debido a que el método paramétrico correspondiente sería una ANOVA de medidas repetidas y no había datos suficientes para soportar el modelo. Se utilizaron cinco productores porque fueron aquellos para los cuales se midió su eficiencia mínimo tres veces (ver ANEXO 10.5). Las variables son: **días de secado** (son los días que transcurrieron desde que se cortó el árbol hasta que se metió la madera al horno); **biomasa pesada** (el peso de la madera que directamente entra al horno), **biomasa seca** (el peso de la madera descontando la humedad ambiental según la época del año y los días que se dejó de secar antes de entrar al horno), **eficiencia peso seco** (la eficiencia con la transforman la madera al carbón utilizando la masa de biomasa seca), **carbón** (los kg netos de carbón vegetal producidos).

#### 5.2.2.3 ANOVA

Para probar si hay diferencias en temporada (Objetivo 3,  $H_3$ ) y entre grupos de productores (Objetivo 3,  $H_4$ ), se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) de una vía utilizando las variables: días de secado, biomasa pesada, biomasa seca, eficiencia peso seco, carbón. Para ver si hay diferencias entre los grupos productores ( $H_4$ ) solo se analizaron los grupos Rojo y Verde, debido a que no había información de hornos para productores pertenecientes al grupo Aqua.

#### 5.2.2.4 Modelación de impacto ambiental

Para probar si hay diferencias en el impacto ambiental según los productores (Objetivo 4,  $H_5$ ), se realizaron cuatro escenarios comparando cuatro eficiencias diferentes y ver si tienen efecto distinto en el bosque. Los escenarios se plantearon con información recaba en los objetivos 1, 2 y 3.

## VI. RESULTADOS

### 6.1 Resultados Generales

Se entrevistó un total de 46 productores provenientes de doce localidades distintas (**Tabla 6.1**), siendo mujeres solo dos. El rango de edades de los entrevistados fue de 19 a 80 años, y la edad promedio fue de  $42.41 \pm 14.99$  años (ver **Figura 6.2**). A lo largo de toda la presentación de resultados y discusión se utilizó el símbolo de ( $\pm$ ) para mostrar la desviación estándar. Para mostrar los resultados siempre se aclara el número de respuestas que se utilizaron para llegar a ese valor, con la notación ( $n=x$ ). Esto debido a que los entrevistados no siempre contestaron todas las preguntas.

Tabla 6.1 Número de entrevistados según localidad de origen.

Localidad de origen	Número de entrevistados
A	1
D	2
F	4
G	2
H	2
I	9
K	5
L	1
M	6
N	1
O	3
P	10
<b>Total</b>	<b>46</b>

### 6.2 Objetivo específico uno: Describir el manejo actual del carbón vegetal en el área de estudio

Los insumos utilizados para describir a detalle el manejo de carbón vegetal actual en la cuenca de Cuitzeo, fueron las 46 entrevistas semi-estructuradas, las notas de observación participante, los dos talleres con productores y las siete entrevistas no estructuradas que se llevaron a cabo en el transcurso de 3 años. Se abordará la descripción desde una perspectiva cualitativa tocando los temas siguientes:

- Producción de carbón a nivel comunidad
- Importancia del carbón como fuente de trabajo
- Experiencia y aprendizaje



- Proceso de fabricación
- Eficiencia y calidad de la transformación de biomasa a carbón vegetal
- Producción de carbón a lo largo de año
- Destino y uso del carbón
- Manejo del bosque y de los encinos
- Percepciones de la sustentabilidad del manejo
- Personificación de los hornos
- Ganancias personales por horno
- Condiciones y acuerdos del trabajo
- Migración
- Normatividad
- Consecuencias de carecer el permiso legal

### *6.2.1 Producción de carbón a nivel comunidad*

En ambos talleres de productores y en las notas de observación participante surgió repetidamente que en la cuenca de Cuitzeo la falta de trabajo es uno de los problemas más importantes, sobre todo en las zonas rurales. Forma parte de un círculo vicioso que hay junto con las condiciones actuales de pobreza y falta de instrucción formal. La producción de carbón vegetal desde hace más de un siglo ha sido una fuente de empleo importante que resulta el trabajo principal de muchos productores o una manera para generar ingresos extras en caso de necesidad.

Debido al alto desempleo en la zona, el 52.17% (n=46) de los productores han buscado trabajo haciendo carbón en más de un lugar. En promedio trabajaron en 1.72 ( $\pm 0.81$ ) lugares. De manera conjunta, todos los entrevistados mencionaron 14 lugares diferentes en donde han trabajado (ver **Tabla 6.2**). Se les preguntó a los productores cuántas personas conocen que hagan carbón en las diferentes localidades. Se tomó un promedio de esas menciones para estimar el número total de productores. Lo mismo para saber qué porcentaje de aquellos productores se dedicaron exclusivamente a hacer carbón (ver **Tabla 6.2**).

El 59.09% (n=22) de los productores mencionó que no hay grandes cambios en la producción de carbón según los diferentes lugares donde se produce. La mayor diferencia para ellos es la cantidad de tiempo que les tomó trasladarse de su casa al horno, lo cual afecta el rendimiento (porque el horno requiere muchos cuidados). Otras diferencias que mencionaron fueron el tipo de tierra de las diferentes comunidades o el precio que les dan por kilo de carbón vegetal producido.

Tabla 6.2 Promedio de productores por localidad y el porcentaje de ellos para los cuales el carbón vegetal fue su principal trabajo. El número de informantes es el número de entrevistados que ayudaron a corroborar la información. Se observa que pocos productores se dedicaron exclusivamente a hacer carbón.

Localidad	Número de menciones	Promedio de productores	Desviación estándar	Porcentaje de productores los cuales la elaboración de cv es su principal trabajo
<b>B</b>	1	6.00	NA	50.00
<b>C</b>	1	2.00	NA	100.00
<b>D</b>	5	3.00	1.92	23.81
<b>E</b>	1	1.00	NA	0.00
<b>F</b>	3	17.50	7.07	38.10
<b>G</b>	2	5.00	1.41	40.00
<b>H</b>	8	8.25	3.62	44.44
<b>I</b>	1	2.00	NA	50.00
<b>J</b>	6	3.67	1.03	88.64
<b>K</b>	2	8.50	0.00	0.00
<b>L</b>	4	4.00	1.41	75.00
<b>M</b>	7	11.43	7.25	40.00
<b>O</b>	4	8.75	2.50	0.00
<b>P</b>	5	21.00	6.60	53.97
<b>Total /Promedio</b>	<b>50</b>	<b>102.10</b>	<b>NA</b>	<b>43.14</b>

### 6.2.2 Importancia del carbón como fuente de trabajo

Como se mencionó en la sección anterior, el desempleo es un problema latente en la zona. Los productores no solo tienen que buscar diferentes sitios donde producir el carbón, sino que la gran mayoría, el 91.30% (n=46) tuvieron otros trabajos aparte de la producción de carbón (ver **Figura 6.1**). Esto debido al bajo ingreso económico que deja y el desgaste físico que implica. A pesar de esto, entre los entrevistados, el 56.52% (n=46) consideró a la producción de carbón vegetal como su principal trabajo. El trabajo como productores en éste caso es el más importante como sustento familiar.

Los otros trabajos que complementan el ingreso económico de las familias están representados en la **Figura 6.1**, siendo la siembra el trabajo que más se compartió con la producción de carbón. Durante las entrevistas fue recurrente escuchar que los productores mencionaran el deseo de tener un trabajo estable con un salario fijo. En promedio, los entrevistados tenían que mantener a  $4.89 \pm 2.12$  personas (n=46), incluyéndolos, lo cual añade presión a esta búsqueda.

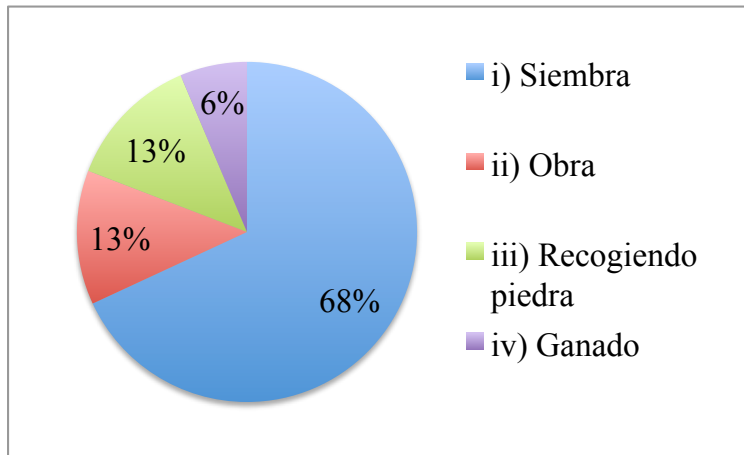


Figura 6.1 Porcentaje del total trabajos secundarios mencionados por los productores. Muchos mencionaron que el trabajo de carbón se complementa con el de la siembra y más bien es un trabajo que utilizan como una manera de ganar dinero extra (n=46). Nota: Un mismo productor puede entrar en varias categorías.

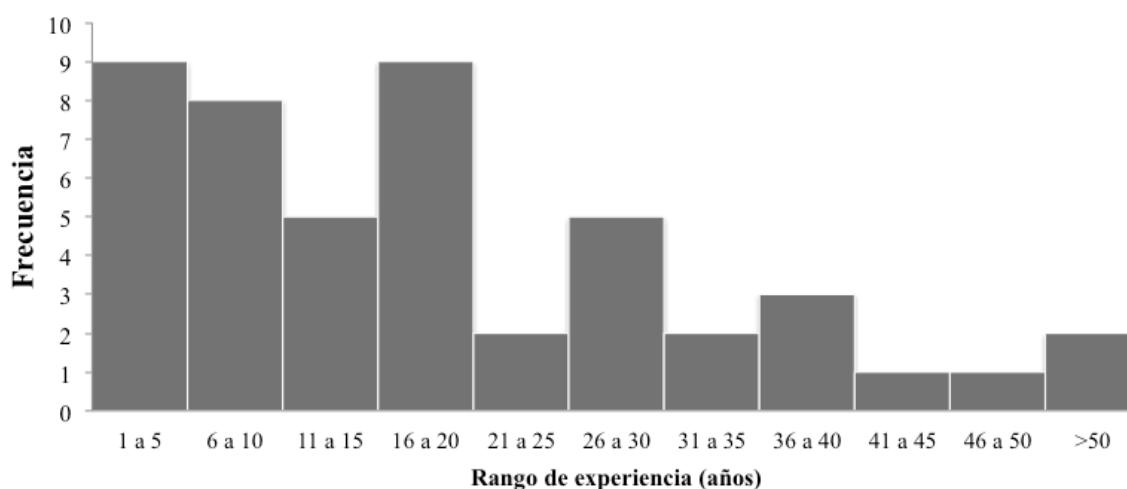
### 6.2.3 Experiencia y aprendizaje

El promedio de edad de los entrevistados fue de  $42.04 \pm 14.71$  años (n=46). El promedio de años de experiencia fabricando carbón vegetal que tienen todos los entrevistados (n=46) fue de  $18.66 \pm 14.07$  años, con un rango de 2.04 meses a 55.00 años (ver **Figura 6.2**). El promedio de alrededor de 20 años de experiencia indica que, para muchos de los entrevistados, la producción de carbón vegetal ha sido una actividad prominente en sus vidas. También en la **Figura 6.2**, se observa que hay jóvenes de menos de 20 años a 25 años que están incursionando en la actividad. Luego hay un bloque de personas de 25 a 36 años donde no hay tantos productores, y por último hay otro bloque grande de productores que tienen entre 36 y 50 años.

El conocimiento de esta actividad ha sido transmitida de manera oral y práctica. El 71.74% (n=46) de los entrevistados aprendió a hacer hornos de su padre y el 86.36% (n=44) continúa haciendo el horno de la misma manera que aprendió. Lo cual nos indica que es una actividad predominantemente familiar, masculina, transmitida por convivencia con el padre, y que no ha sufrido fuertes cambios en los últimos años. Los pocos cambios que algunos productores mencionan que han realizaron respecto a lo aprendido de sus padres, son variaciones al tamaño del horno.

En el taller realizado en la localidad “P”, se preguntó a los productores de carbón cuántos años llevaban con la producción en los bosques de su comunidad; a lo cual, los asistentes concluyeron que llevaban más de 150 años en la zona. El número correspondía a los años desde la fecha de nacimiento de los abuelos de los participantes. Por ello, podemos deducir que la producción de carbón vegetal en la cuenca de Cuitzeo tiene, por lo menos, un siglo de antigüedad.

## Experiencia de productores



## Edad de productores

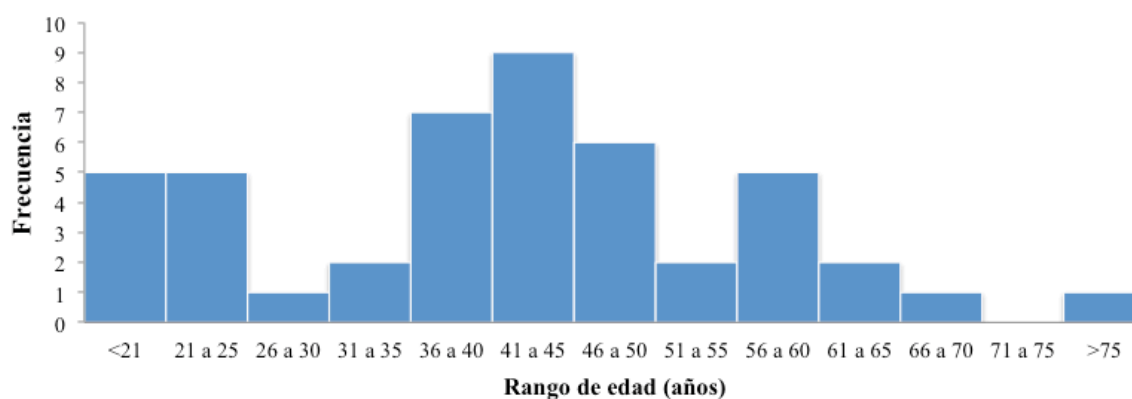


Figura 6.2 Frecuencia de edades y experiencia de productores entrevistados

### 6.2.4 Proceso de fabricación

Los entrevistados identificaron pasos en la producción de carbón vegetal (**Tabla 6.3**). De estos pasos, la diferencia más común entre los productores fue en el armado del horno y en la forma de encenderlo (desde arriba o abajo del horno). Cualquier tipo de armado da como resultado la forma de cono mostrada en la **Figura 6.3 (G)**. Sin embargo, hay cambios en las etapas que siguen para llegar a ese resultado.

Algunos productores van secuencialmente repitiendo la forma de cono de tal manera que este progresivamente se hace más grande. A este tipo de armado se le conoce localmente como “*horno de abanico*”. Otros empiezan con una estructura en forma de red, en la que ponen una fila de troncos paralelos y luego otra de troncos perpendiculares. A este tipo de armado se le conoce localmente como “*horno de hormiguero*”. Ya teniendo esa base bien hecha, luego le dan forma de cono.



Figura 6.3 Proceso general de fabricación de horno de tierra: A) corte de madera; B), C), D), E) acomodo de horno; F) G) tapado de horno; H) cubrir horno con plantas (A,B,C,E,F,G,H Fotos de F. Sánchez; D Foto de T.H. Mwampamba).

Respecto a la forma de encendido, esta se refiere a la parte del cono se inicia el fuego. Para el horno de abanico, el fuego siempre se inicia por abajo y luego va lentamente subiendo. Para el horno de tipo “*hormiguero*”, el fuego siempre se inicia por arriba (**Figura 6.4**) y luego va lentamente bajando. Si bien hubo dos productores que mencionaron variar la forma de prendido según la estación (por abajo en lluvias y por arriba en secas), lo usual es que cada productor mantenga siempre la misma forma de armado. Casi 80% (n=39) de los productores prefirió encender el horno por abajo (tomando en cuenta los dos productores que prenden de ambas maneras). Según la entrevista no estructurada con P26 este mencionó que, en general, los productores consideran que hacer el “*horno de abanico*” es menos complicado y aquellos que hacen el “*horno de hormiguero*” es más porque están acostumbrados a hacerlo así.

Para conocer cuáles son los factores más importantes para hacer el horno de tierra de la mejor manera posible (Ver **Tabla 6.4**) se realizó un listado libre modificado (**ver métodos**) (n=45). Según los entrevistados, el factor más importante fue el control del proceso de pirólisis expresado como el control de “la cantidad de aire que entra al horno”, porque si bien el proceso de pirólisis es anaerobio, se requiere de una mínima cantidad de aire que entre y salga del horno. A esto los productores le conocen como el “*juego del aire*” o el “*juego del fuego*”.

Tabla 6.3 Pasos generales realizados en la cuenca de Cuitzeo para producir carbón vegetal.

<b>Pasos</b>	<b>Explicación</b>
1. Cortado de madera	Se troza la madera en pedazos que varían de grosor y largo, de tal manera que sean manejables en tamaño y peso.
<b>2. Armado del horno</b>	<b>Se acomoda la madera en forma de cono.</b>
3. Cubrir el horno con hojas	Se utilizan hojas de los mismos árboles que fueron tumbados para hacer el horno.
4. Cubrir el horno con tierra	Se define el espacio donde se hará el horno y se toma tierra de ahí mismo.
<b>5. Encendido del horno</b>	<b>Se inicia el fuego.</b>
6. Dejar cocinarse	Se deja que actúe el fuego de tal manera que se queme todo excepto el carbonó de la madera.
7. Sacar el carbón	Se saca el carbón con cuidado. Se debe dejar enfriar para evitar incendios.
8. Acomodo del carbón en costales	Acomodo de carbón vegetal en costales.

En negritas se marcaron los pasos en la elaboración del carbón vegetal que más presentan diferencias entre los productores.

Seguido de este factor, los productores mencionaron el tener tiempo de cuidar el horno, es decir, la atención que se da al horno en cuidarlo y estar pendiente de ello, incluso dar o quitar aire según lo necesario. También mencionaron que implica que no estén teniendo otros trabajos a la par, lo cual les permite revisar el horno al menos dos veces al día. Mencionaron situaciones por las cuales se propicia que se le hagan aberturas no deseadas al horno por un mal cuidado, provocando que se *“pierda el juego del fuego o del aire”* y toda la madera se convierta en ceniza. Algunas importantes fueron que pase ganado y pise el horno, que la lluvia lo lastime o que gente con malas intenciones les haga aberturas a los hornos.

El tercer factor mencionado fue el armado del horno. En esta sección más que referirse a si el armado es en cono o en red, como se describe en la sección anterior, se refiere a que el productor tenga la habilidad y la paciencia de armar el horno de manera minuciosa, sin dejar espacios entre los pedazos de madera. Para esto, muchas veces antes de empezar el armado del horno, se hace una clasificación de los pedazos de madera por tamaño.

El cuarto factor fue el tipo de madera. Según los productores, la mejor madera para meter al horno fue el encino (*Quercus* spp.). Ninguno comentó que alguna especie de *Quercus* brinde mejores resultados. Casi todos enfatizaron en la importancia del grosor de la madera y en tener diversidad de grosores para no dejar huecos durante el armado del horno. La cantidad de humedad que tiene la madera influye mucho en el rendimiento del horno. Mencionaron que se deja secar unos días antes de ser metida en el horno, para reducir el consumo de leña en evaporar la humedad. Sin embargo, dijeron, si se seca demasiado la leña, esta se incendia mucho más rápido y tampoco es bueno.



Figura 6.4 Distintos tipos de hornos tradicionales de la cuenca de Cuitzeo. Los hornos A), B) y C) son de tipo encendido por abajo. Junto al horno A) se puede ver cómo se cubre el horno con la tierra justo a lado. La práctica de cubrir el horno con plantas como en A) y B) no siempre se lleva a cabo (Fotografías de Filiberto Sánchez). El horno D) es de encendido por arriba (Foto de T.H. Mwampamba).

El último factor mencionado es el de tipo de tierra. Los productores reconocen tres tipos de tierra en la zona: amarilla, negra y roja. Ochenta por ciento de aquellos que mencionaron la tierra como un factor importante dijeron que la tierra más favorable para hacer carbón es la amarilla, seguida de la negra (n=25). En el taller de productores en la localidad “P” se comentó que la tierra roja promueve mucho que el horno se incendie, por lo que casi nunca la utilizan.

Tabla 6.4 Factores mencionados como más importantes para hacer el horno. El porcentaje es la fracción del total de veces que se mencionó ese factor, ponderado con la importancia que se le dio. Los datos representan casi el 80% de total.

<b>Factores importantes para hacer el horno (más a menos)</b>	<b>Porcentaje %</b>	<b>Porcentaje Acumulado %</b>
1. El juego que se da entre el fuego, los hoyos y la cantidad de aire que entra	18.28	18.28
2. Tener el tiempo de cuidar el horno	17.23	35.50
3. La manera en la que se arma el horno	16.60	52.10
4. El tipo de madera (especie, humedad, grosor)	14.71	66.81
5. El tipo de tierra con el que se cubre la madera	13.03	79.83

#### 6.2.5 Eficiencia y calidad de la transformación de biomasa a carbón vegetal

Los productores conocen la eficiencia en términos de cuántos costales salen de cada horno que arman y tienen métodos para determinar qué tan bien hicieron el horno y cuál fue su eficiencia. El método más común para determinar que un horno se realizó correctamente es observar si quedaron “*patas*” en el horno (ver **Figura 6.6**), es decir pedazos de madera que quedaron a medio carbonizar al terminar el proceso. Según los productores, un horno bien hecho no debe tener patas, o solo muy pocas. Esta información se obtuvo en las notas de observación participante.

Las técnica mayormente mencionada para aproximar la eficiencia del horno fue el ser consistente con el tamaño del horno que construyen intentando que siempre sean similares, por lo que ya se espera un número determinado de costales de carbón. En la entrevista con P23, él comentó que cuenta el número de pasos que puede dar alrededor del horno y por cada paso espera dos costales. Más allá de aspectos técnicos, también existen creencias alrededor de la eficiencia de los hornos. Por ejemplo, un productor (P35) comentó que el horno nunca va a tener buen rendimiento si se hace durante luna nueva.

Los productores reconocieron diferentes calidades del carbón vegetal, lo cual también refleja si el horno se realizó de buena manera. Según ellos, el carbón más valorado a nivel económico es aquel que está entero (no en pequeños pedazos) y pesado (denso). A pesar de que en el mercado el carbón con estas características tiene mayor precio que el troceado y poco denso, a los productores les pagan todo el producto homogéneamente.





Figura 6.5 Sacado, acomodado y venta de carbón vegetal. A) Comienzo del sacado del carbón B) y C) enfriado del carbón y el inicio del empaquetamiento, D) empaquetamiento, E) venta del carbón al intermediario. (A,B,C,E Fotos de Filiberto Sánchez; D Foto de T.H. Mwampamba ).

Entre los productores entrevistados hubo un grupo que no creía posible controlar del todo el horno (aunque tengas todos los factores de la **Tabla 6.4**) y menos predecir si éste saldrá bien o no. Por ejemplo, el productor P26 comentó en su entrevista “*no hay buen productor, la lumbre es la lumbre*”. Esto indica que muchas veces a pesar de tomar todas las precauciones, por razones ajenas al productor, el horno no sale bien (se incendia).



Figura 6.6 Una “pata” o madera cuya carbonización quedó trunca (Foto propia).

### 6.2.6 Producción de carbón a lo largo de año

Según los entrevistados, la producción de carbón no es constante a lo largo del año. El clima propio de la cuenca de Cuitzeo provoca que el año se divida en dos estaciones muy marcadas, la de secas y la de lluvias. El 69.05% (n=42) de los productores mencionó que prefiere hacer hornos en época de seca (octubre-abril) **Figura 6.7**. Esto se debe principalmente a dos razones, según algunos productores en lluvias tienen rendimientos más bajos (n=20) y que están ocupados con la siembra (n=6). Sin embargo, analizando las respuestas de todos, parece que la producción es anual con una diferencia de producción de alrededor de 20 hornos entre las temporadas secas y lluvias.

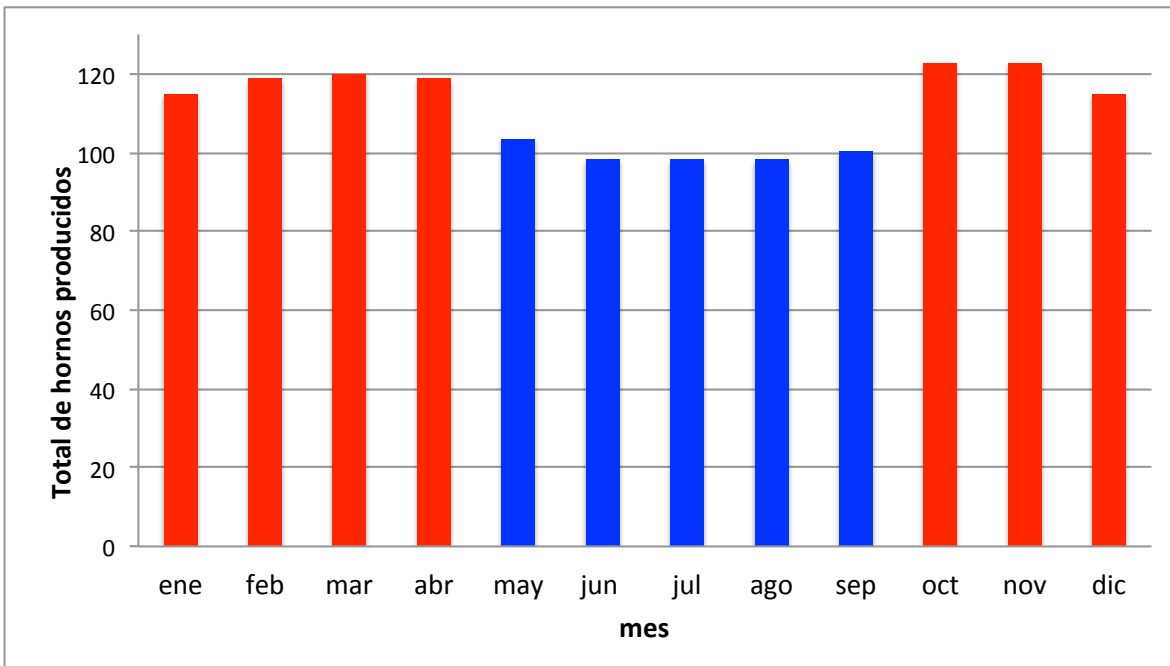


Figura 6.7 Producción total de hornos al mes entre los productores entrevistados. Las columnas azules son aquellos hornos producidos en época de lluvias y las rojas en época de secas. Se observa que la producción disminuye en época de lluvias (n=44)

### 6.2.7 Destino y uso del carbón

Ningún productor sabía de manera certera el uso final que le dan a su carbón vegetal. Al aparecer, el intermediario que se los compra es el encargado de revenderlo. El 76.09% (n=46) tiene alguna noción de dónde se vende su carbón. Según lo comentado por la mayoría de los productores, el carbón se vende en Morelia y Guanajuato, y es utilizado por restaurantes y herrerías o se empaqueta en bolsas de 3 a 5kg y se venden directamente en el mercado.

### 6.2.8 Manejo del bosque y de los encinos

La mayor parte de los productores refirieron cortar únicamente los árboles de encino (*Quercus* spp.), ya que tienen la característica de rebrotar si son cortados correctamente. Lo que implica que el corte propicia la formación de los rebrotes. Esto se logra cuando se corta el árbol a una altura específica según su diámetro y se corta de manera lisa. En manejos que se requiere cortar otro tipo de árboles que no sean encinos, su madera es utilizada como “tacos” (madera que sirve como combustible para encender el horno) y no para ser transformada directamente en carbón. Sin embargo, durante la actividad de medir rendimiento de los hornos se observó que leña de madroño, mezquite y capulín también se incluyeron en el armado de los hornos.

La mayoría dijeron que trabajaron en áreas históricamente manejadas para la producción de carbón vegetal. Solo un productor (P30) mencionó que había trabajado el carbón de encinares que se cortaron (excavando hasta las raíces) para sembrar aguacate, lo cual representa un cambio de uso de suelo de áreas forestales a cultivos. El 81.40% (n=43) de los entrevistados mencionó que en el área donde producen carbón, también se realizan otras actividades, la más común fue la introducción del ganado, seguido de la siembra de maíz.

Hay distintos tipos de manejo (ver **Figura 6.10**) que varían según las especies cosechadas y las otras actividades que se realizan a la par de la producción de carbón vegetal. El tipo de manejo más común fue aquel en el que todos los encinos son cortados y después de esta cosecha se introduce el ganado en época de lluvias. Según la información recaba en el taller en la localidad “P”; la introducción del ganado representa una serie de ventajas para el manejo, ya que evita incendios forestales (debido a que las vacas se comen arbustos), pero también pérdidas porque las vacas al comer los retoños de encino, retrasan el rebrote de los mismos. Los demás árboles del bosque, usualmente no se cortan, siendo los más comunes: el madroño (*Arbutus unedo*) y el capulín (*Prunus salicifolia*).

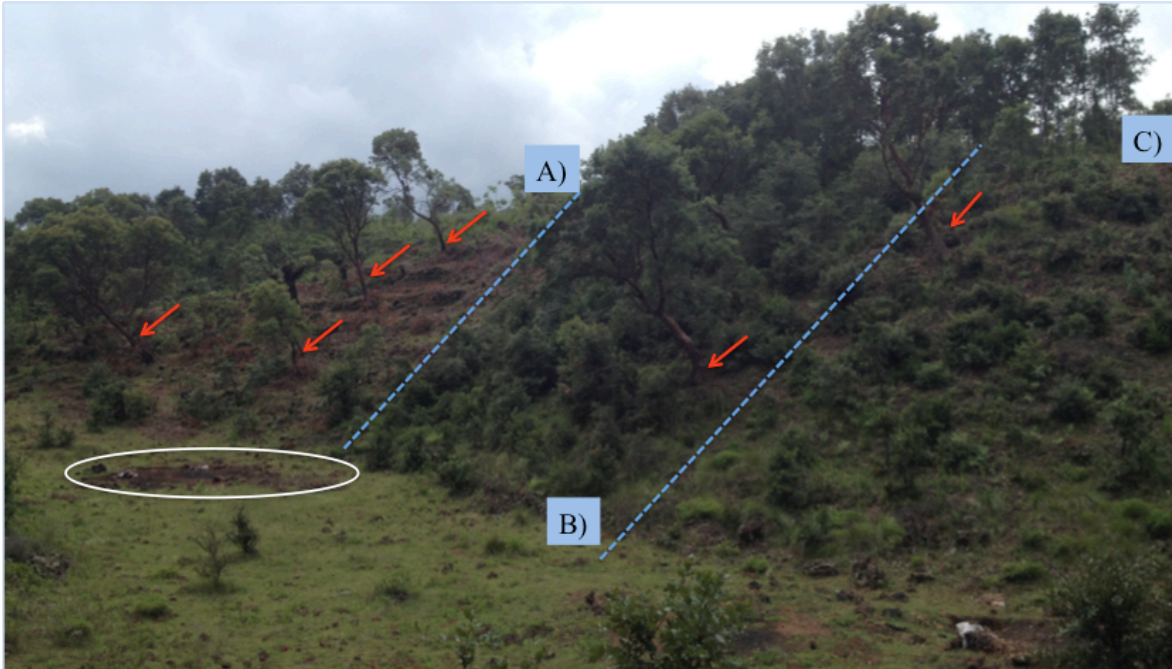


Figura 6.8 Mosaico típico de manejo tradicional de carbón vegetal. El óvalo blanco muestra una huella de un horno antiguo. Las líneas dividen la ladera en tres zonas A) siendo la que se cortó más recientemente, C) lleva por lo menos 3 meses que se cortó y B) es la que se cortó hace más tiempo. Las flechas rojas muestran los madroños que no son cortados. (Modificado de T.H. Mwampamba)

Este manejo general tiene otras variaciones, como que los dueños del terreno no quieran que se corten los encinos pequeños para dejar que crezcan. También muchas veces los dueños de la madera le piden al productor que no corte los árboles más grandes porque sirven como un refugio de semillas, o según la entrevista con P2, “*por razones sentimentales*”. Estos últimos dos casos no son muy comunes, dado que en general prefieren “*cortar parejo*”, lo que significa que cortan todos los encinos al mismo tiempo para que crezcan al mismo ritmo y no se sombreen unos con otros.

Cada dueño de terreno tiene manejos particulares que van cambiando según la extensión de su terreno o la necesidad que tengan de dinero. La **Figura 6.11** muestra el promedio de este manejo más individual. Los datos tienen una variación enorme y los promedios solo sirven como referencia, no como una estimación fidedigna que refleje la muestra.



Figura 6.9 Bosque manejado para producción de carbón vegetal. De lado izquierdo se observa el bosque en crecimiento y de lado derecho una ladera que acaba de ser utilizada para elaborar carbón vegetal. Al centro se nota la huella de un horno (Foto propia).

La **Figura 6.11** muestra aspectos importantes de los tipos de manejo particular que hay en la cuenca, esta información se obtuvo de las entrevistas semi-estructuradas. Se observa que los tamaños de predio fueron muy variados. Hay dueños que tienen decenas de hectáreas, mientras que otros tienen una o dos. El número de trabajadores en un mismo terreno nunca excede las siete personas. Dentro de cada predio la producción de carbón avanza según el número de trabajadores, la extensión del terreno y (cuando aplica) el tiempo que el productor rentó. Por lo mismo, no hay una cuota establecida de hornos que debían de cumplir al mes.

La extensión de bosque que se requiere para construir un horno fue muy variable, esto se debe a que los tamaños de los hornos entre los productores varían y también varían la edad de la madera. El grosor de madera que los productores prefieren para transformar en carbón oscila entre 23 y 39cm. El tiempo que se deja crecer la madera para volver a cosechar también es variable. Los productores hablan que depende de la “*fuerza de la tierra*” y de la “*fuerza del árbol*”, ambas disminuyen con el tiempo y con las veces que se haya cosechado. De manera general los dueños se esperan entre 8 y 20 años para volver a cortar los encinos. Esta información se recopiló en el taller con los productores en la localidad “P”.

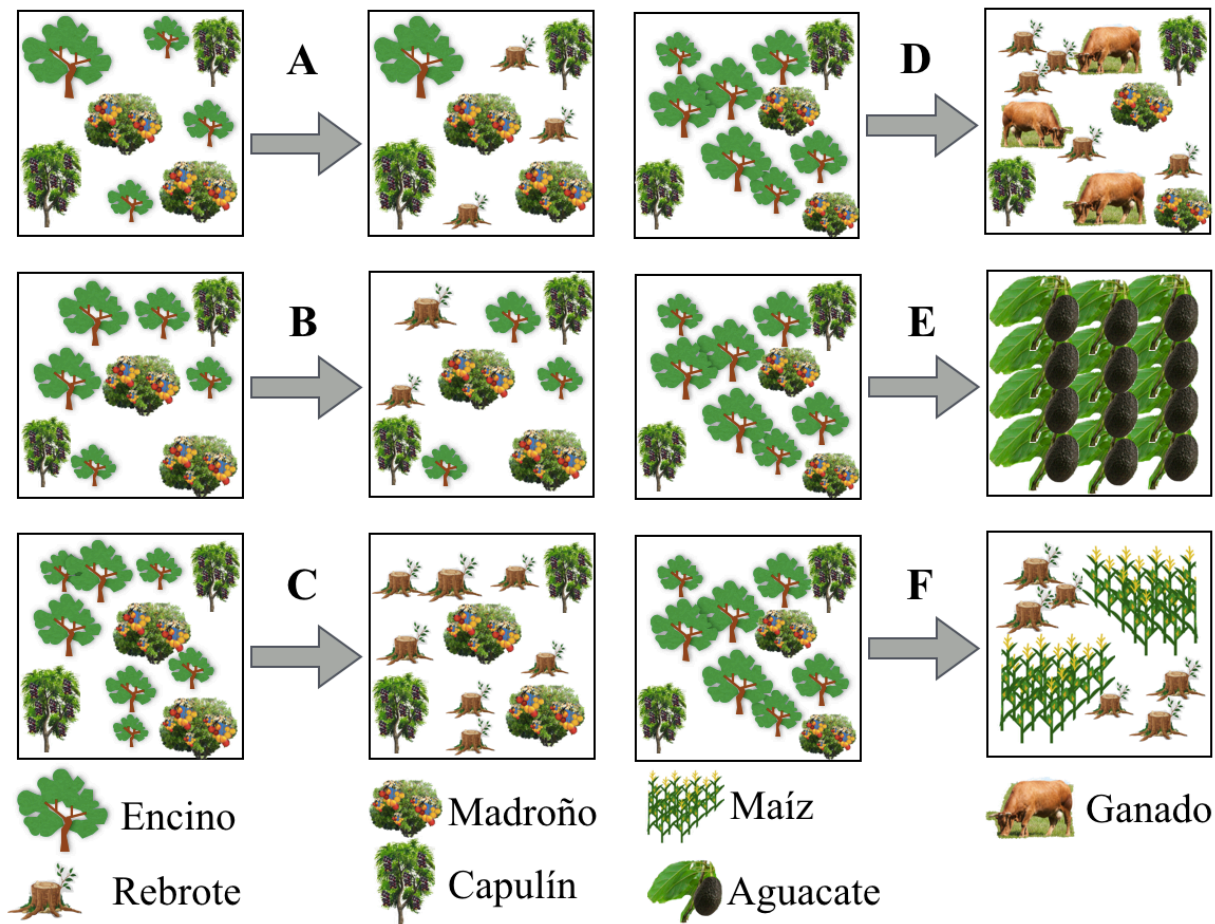


Figura 6.10 Distintas formas de manejo para producción de carbón vegetal en la cuenca de Cuitzeo. **A)** Corte a todos los encinos, menos los grandes; **B)** Corte a todos los encinos, menos los pequeños; **C)** Corte parejo a todos los encinos; **D)** Corte a todos los encinos, ganado (manejo más común); **E)** Cambio de uso de suelo a aguacate; **F)** Corte a todos los árboles, milpa. (Elaborado por G. Álvarez).

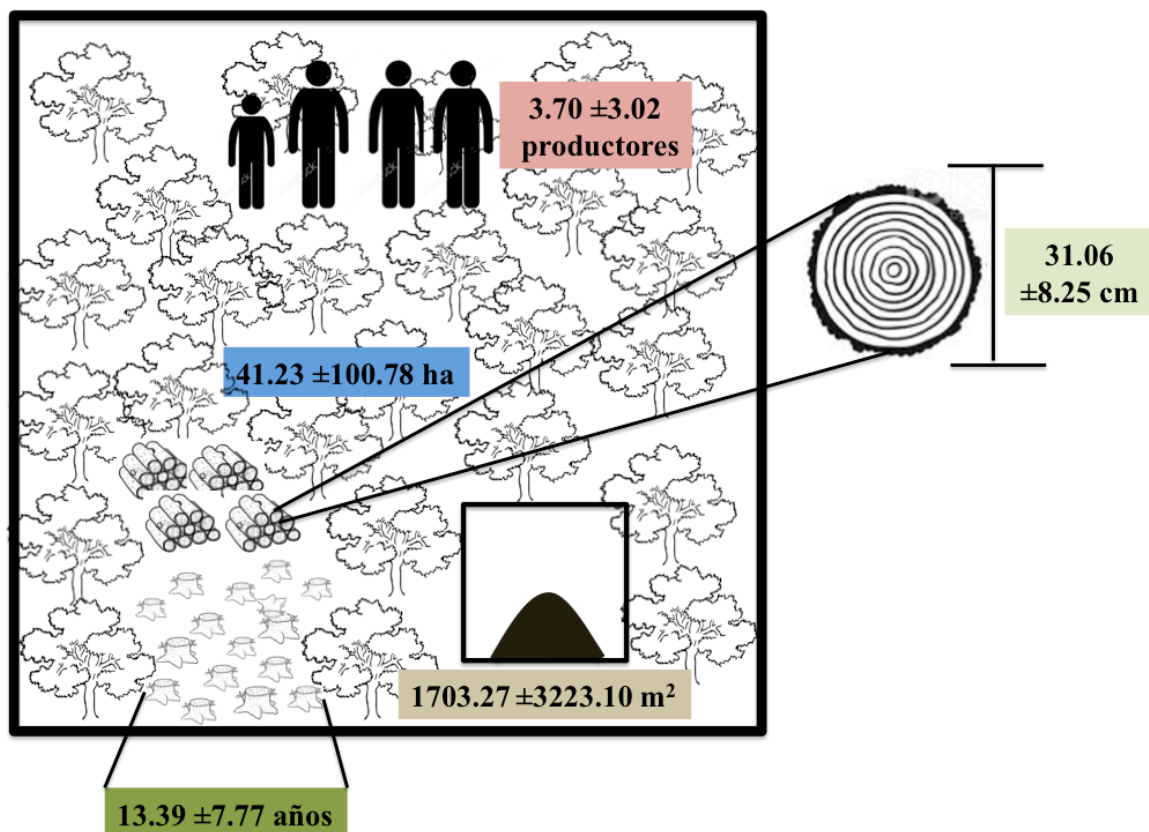


Figura 6.11 Manejo general de la producción de carbón vegetal en la Cuenca de Cuitzeo. **Azul:** Promedio del área del terreno del dueño en el que producen carbón (n=24); **Café:** Promedio el área de bosque que ocupan para realizar un horno (n=30) **Rojo:** Promedio de productores trabajando en un terreno (n=44) **Verde Oscuro:** Promedio de años que dejan pasar para volver a cortar un árbol (n=28); **Verde Claro:** Promedio de grosor de madera preferido para meter al horno (n=26) (Elaboración propia).

### 6.2.9 Percepciones de la sustentabilidad del manejo

En el taller realizado en la localidad “P”, los productores de la cuenca mencionaron que el manejo es una necesidad para el bosque. Argumentaron que dejar el bosque sin cosechar, resulta en encinos grandes y viejos que usualmente desarrollan una plaga (comúnmente el “escarabajo barrenador” *Euwallacea* sp.). Según ellos, cortarlos antes de cierta edad evita que se infecten. Asimismo, consideran que el manejo que le dan al bosque no es causa de deforestación dado que normalmente nacen hasta tres rebrotes que llegan a edad adulta por cada tronco de encino que cortan, por lo que el bosque a la larga tiene más biomasa disponible. Por los tanto, los productores no mostraron preocupación de ‘acabar con el bosque’ por la producción de carbón vegetal. Lo que sí es una preocupación latente entre muchos es la tasa en la que se da esta producción. Todos reconocen la importancia que tiene el bosque, “sabemos que el bosque es un bien para nosotros” (P27), pero dada la

falta de empleo, muchos se ven forzados a hacer uso de él a ritmos más acelerados del ideal.

#### 6.2.10 Personificación de los hornos

El vínculo que se forma entre los productores y el horno de carbón vegetal es muy estrecho. El proceso de cortar la madera hasta obtener el carbón vegetal toma alrededor de un mes. Los productores tienen que armar minuciosamente el horno, prenderlo y después cuidarlo diariamente. De esta relación surge la particularidad de que los productores hablan del horno como algo vivo que ellos crearon. A la transformación de un objeto inanimado a uno animado se le conoce como personificación. A lo largo de las entrevistas surgieron claros ejemplos, algunos ya mencionados en otras secciones.

- Cuando los productores están en la etapa de prender el fuego del horno, resulta crítica la cantidad de “*tacos*” (madera que se utilizará exclusivamente para prender el horno) que le dan. Si la cantidad es poca, corren el riesgo de perder la madera destinada para transformarse en carbón. Para referirse a esta situación, los productores mencionan que el horno “*está pidiendo tacos*”. Curiosamente, no solo muestra que el horno tiene la capacidad de comer, sino que la palabra utilizada para referirse a la “comida” de los hornos es una base de la comida mexicana.
- Para poder calcular la cantidad de aire que entra y sale del horno, los productores dicen: “*El juego del fuego*” y “*El juego del aire*”. De esta manera el productor nos da a entender que está jugando con el horno para ver cuánto aire entra para que el fuego no se expanda demasiado. Es decir, es una interacción, o “baile” de ida y vuelta entre ellos.
- Si llega a ocurrir que el fuego se expande demasiado, los productores mencionan que el horno “*se dragonea*”.
- Esta condición de “vivo” produce que el horno sea muchas veces impredecible para los productores, característica que está muy relacionada al fuego. Por esto mismo, para muchos productores no hay una manera de predecir si el horno será de buena calidad. Como consecuencia, ellos piensan que no hay buenos o malos productores de carbón: “*no hay buen productor, la lumbre es la lumbre*”.

#### 6.2.11 Ganancias personales por horno

En esta sección se pretende entender las ganancias que cada productor obtuvo por hacer carbón vegetal. La inversión económica más grande al momento de realizar un horno es contar con la motosierra. El 71.05% (n=43) siempre utilizó la motosierra para la cosecha de la madera. La gasolina y el aceite utilizados fueron costeados por el dueño del terreno o por el mismo productor, según el tipo de acuerdo que hayan tenido. Sin duda, la inversión más importante que tiene que hacer un productor al hacer el horno es el esfuerzo físico que este representa.

Para apoyarse en el fatigoso proceso de hacer los hornos, en muchos casos los productores hacen el trabajo con el apoyo de asistentes. El 52.17% (n=46) recibió ayuda no remunerada



al momento de hacer el horno. En promedio, recibieron ayuda de  $1.71 \pm 1.88$  personas ( $n=46$ ). Lo más común es que el ayudante sea su hijo, después la esposa y por último su padre. Esto muestra que se trata de una actividad familiar. El 50.00% de ellos ( $n=30$ ) mencionó que alguna vez ha trabajado en pareja. Cuando es así, el pago final se dividió a la mitad. De esta manera logran hacer más hornos en menos tiempo al complementar fuerzas. Se entrevistó a un hombre que a sus 85 años (P3) seguía haciendo hornos junto con su hijo. Llega a suceder que se ayudan entre ellos y luego se dan una parte de las ganancias.

En promedio los productores obtuvieron  $42.39 \pm 20.76$  costales de carbón por horno que produjeron ( $n=40$ ). Sin embargo, gracias a información recabada en las entrevistas no estructuradas y en el taller de productores en la localidad “P” se determinó que hay productores que realizan hornos chicos que sacan en promedio 20 costales, y hay productores que tienen hornos grandes que sacan en promedio 60 costales. En promedio, los productores entrevistados recibieron  $\$2.87 \pm 0.43$  ( $n=42$ ) por kilogramo de carbón vegetal (valores de 2016; a la fecha esta cantidad ha subido a  $\$3.0$ ). En campo se pesaron 50 costales de un productor cuyo peso promedio fue de  $29.08 \pm 2.76$ kg.

Según los entrevistados y las observaciones que se hicieron en campo, el pago a los productores casi siempre se realiza “al pie del horno”, al momento que el comprador se lleva los costales de carbón. Pocos compradores dan el pago días después, en promedio tardaron  $2.44 \pm 3.90$  días ( $n=42$ ) en pagarles el carbón que se llevaron. Normalmente el comprador de carbón estableció un precio por kilo y se llevó todo el producto que los productores producen. Pagaron por igual el carbón de alta calidad (pesado y entero) que el de baja calidad (liviano y en trozos). El precio cambia según el intermediario o la zona de donde se extrajo la madera (dependiendo lo accesible que es), pero éste no varió más de  $\$1.50$  por kilo.

Es difícil calcular la ganancia promedio de cada productor al mes, ya que al no tener un trabajo estable, este fluctúa mucho. También el hecho de que tengan varios trabajos al mismo tiempo dificulta llegar a una cifra. Con información obtenida en las notas de observación participante y en la entrevista no estructurada a P26 llegamos a que una ganancia promedio de  $\$5,000$  al mes representa la heterogeneidad de ganancias. Esta ganancia (si tomamos como promedio que los productores gana  $\$3.0$  el kilo) implica que los productores elaboren 1.67 ton de carbón vegetal al mes. Para los productores de hornos chicos esto implica que tienen que hacer tres hornos al mes y para los productores de hornos grandes, uno. Si multiplicamos  $3(\text{precio por kg de carbón}) * 29(\text{peso promedio de un costal}) * 60(\text{total de costales}) = \$5220$ . Este valor se redondeó a  $\$5,000$  por las pérdidas asociadas a la hacer un horno (fluctuaciones en eficiencia, robo de costales, etc.).

#### *6.2.12 Condiciones y acuerdos del trabajo*

Las condiciones y los acuerdos para producir carbón vegetal que se manejan en la cuenca de Cuitzeo fueron muy variados. Esto responde a la gran heterogeneidad de circunstancias que viven los productores. Una proporción muy pequeña de ellos era dueña del terreno donde producen carbón (15.22%,  $n=46$ ). Todos los productores que son dueños, forman parte de un ejido. En su caso, también es común que a pesar de ser ejidatarios, busquen

producir carbón en otros lugares porque sus terrenos no tienen la capacidad de producir tanto como económicamente ellos lo necesitan.

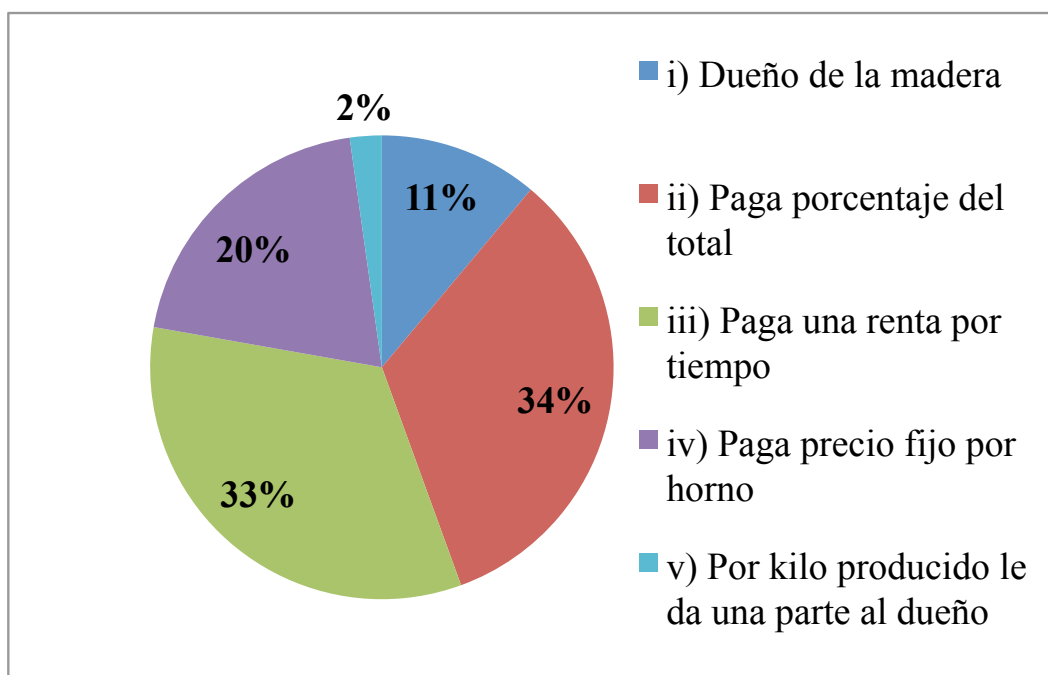


Figura 6.12 Tipos de acuerdos entre los productores. i) Son dueños de la madera y venden el carbón directamente, ii) le dan un tercio de las ganancias totales del carbón al dueño de la madera, iii) paga una “renta por la madera” el precio que pagan puede variar dado que varía la cantidad de espacio y el tiempo que se le permite manejarlo iv) en promedio pagan \$737.50 ±377.73 por horno, pero el rango es de \$100 a \$1,000 v) reciben menos dinero por kilo de carbón que venden, este tipo de contrato es común con aquellos productores que son subcontratados por otros que están pagándole una renta al dueño (n=45).

La mayor parte de los productores en la cuenca (84.78%, n=46) no es dueño del terreno donde producen carbón vegetal y tuvieron diferentes acuerdos informales para poder tener acceso a la madera. Esos acuerdos en su mayoría fueron directamente con el dueño del terreno 84.44% (n=45), aunque también algunos fueron subcontratados por otro productor, así es el caso del 15.55% (n=45) restante. Aquellos productores subcontratados ganaron menos dinero por kg que elaboraron, esto debido a que le tuvieron que retribuir al dueño de la madera y al productor que los contrató.

En la entrevista se detectaron cuatro diferentes tipos de acuerdos sumados al escenario en el que el productor es dueño del terreno donde hornea (ver **Figura 6.12**). El tipo de acuerdo más común fue aquel en el que el productor le dio un porcentaje del dinero total ganado al dueño de la madera. Este porcentaje varía del 50% al 30%. El siguiente acuerdo más común fue aquel en el que el productor le rentó al dueño. La renta se realiza por un tiempo establecido y el dueño le dio permiso de cortar los encinos. Los otros dos acuerdos fueron los menos comunes. Uno es cuando le pagaron al productor un precio fijo por horno, y otro es que por cada kilo que venden, el dueño les cobra una parte.

Los productores no tienen ningún tipo de contrato o arreglo con los encargados de las otras actividades (p.e. ganadería, colecta de plantas útiles) que suceden dentro del predio donde se produce el carbón vegetal. Los encargados de estas actividades se manejan contratados por el dueño de manera separada.

### 6.2.13 Migración

La cuenca de Cuitzeo no es ajena a las tendencias nacionales y la migración es muy común entre los productores de carbón vegetal. La pregunta 19 de la entrevista fue: *¿Aparte de hacer carbón, tiene usted otros trabajos? SÍ ¿Cuáles?* Las primeras dos respuestas más comunes fueron sembrar y cuidar ganado como se mostró en la sección anterior. La tercer respuesta más común fue “migrar”. La pregunta 27) fue *¿Para aquellos (productores) que hacen carbón y este no es su único trabajo, qué otros trabajos hacen?* También la respuesta de “migrar” apareció dentro de las primeras cinco “trabajos” que todos respondieron. Migrar es una opción latente en la zona. El 71.05% (n=38) de los productores ha salido de su comunidad para buscar trabajo (usualmente a Morelia o a Uruapan), y el 50.00% (n=38) ha migrado alguna vez en su vida a Estados Unidos (EU). El 69.44% (n=36) de los entrevistados tiene algún hermano viviendo en EU. Más de un entrevistado mencionó a familiares que se fueron y nunca volvieron.

### 6.2.14 Normatividad

Una característica del manejo de carbón vegetal en la cuenca de Cuitzeo es que este se lleva a cabo de manera informal. Ningún entrevistado (n=46) conoce de manera clara las reglas gubernamentales en cuanto a la producción de carbón vegetal “*Nunca nadie ha venido a poner reglas*” (P1). Algunos de ellos incluso no sabían si su fabricación estaba permitida o no “*Creo que es penado*” (P34). Simplemente es una actividad tradicional que llevan haciendo sus familias por generaciones. Hubo entrevistados que conocen la existencia de leyes que regulan la venta de carbón, pero muy pocos de ellos sabían que también hay reglas para regular la producción. Ninguno conocía el nombre oficial del organismo regulador del carbón vegetal, la CONAFOR, localmente la conocen como “La Forestal”.

Al momento de preguntar por las normas acerca de la producción de carbón vegetal muchos mencionaron contratos internos para proteger el bosque que los obligó a no excederse en el corte de madera, pero nunca llevaron su respuesta a una escala legal. Aquellos que tuvieron una noción de los permisos requeridos, se enteraron sobre la normatividad por experiencia (hablando con otros compañeros o porque alguna vez los detuvo una patrulla). Solamente un entrevistado menciona haber tenido pláticas directas con instancias gubernamentales, pero no hondó sobre el tema.

Los entrevistados que mencionaron saber un poco sobre la normatividad consideran que el principal interés del gobierno en controlar la producción de carbón vegetal es cuidar el bosque. Sin embargo, otros afirmaron que el mismo manejo que ellos le dan al bosque lo está cuidando “*Si la madera retoña entonces no es delito*” (P23) y consideraron que el

gobierno quiere aprovecharse de los productores solamente para obtener ganancias económicas. Cuando se les preguntó a los productores las razones por las cuales no cumplen las reglas establecidas, la mayoría respondió: no saber claramente sobre esas reglas, no tener el permiso (argumentan que obtener el permiso es obligación del dueño y no de ellos) y la falta de otras fuentes de empleo.

Como se mencionó anteriormente, los principales beneficiados de producir el carbón vegetal formalmente son los mismos productores. Entre las mejoras que ellos mismos identificaron que tendrían de adquirir el permiso son: obtener mejor precio por el carbón vegetal, tener más tranquilidad y poder venderlo directamente. La tranquilidad al momento de hacer el carbón vegetal es algo añorado por los productores, ya que varios han sido detenidos por la policía o sus motosierras han sido confiscadas.

#### *6.2.15 Consecuencias de carecer el permiso legal*

El producir carbón vegetal sin la documentación debida, lleva a los productores a encontrarse en situaciones de alta vulnerabilidad, forzándolos a dar su producto a un precio muy por debajo del mercado y ponerse en riesgo legal. De los 46 entrevistados, tan solo tres han tenido problemas directamente con “La Forestal” (CONAFOR), suceso en el que les detuvieron la producción en el momento.

Todos los productores utilizaron medidas para evitar tener problemas con “La Forestal”. Las más mencionadas son: esconderse haciendo carbón en sitios poco accesibles e ir al bosque con perros para su protección (los perros le avisan si viene alguien o los protegen en caso de que los ataquen). El 63.41% (n=41) utilizó perros, en promedio los productores tienen 2.61±1.50 perros (n=18) y en promedio les genera un gasto de \$398.40 ±292.19 (n=25) al mes.

El hecho de que sea una actividad sin el permiso legal, vuelve a la producción de carbón un trabajo considerado peligroso y aunado a la baja remuneración económica, produce que varios productores hayan expresado su desánimo con la producción “*quisiera echarle más ganas, no sentirme desanimado*” (P37). Este desánimo se ve acrecentado por el hecho de que se trata de una actividad no formal y por el estigma de ser considerados “destructores del bosque”. El contexto de estos productores también los vuelve un grupo de difícil acceso el cual resultó evidente al momento de realizar las entrevistas. Muchos productores se negaron a contestar las preguntas, o algún familiar les pidió que mejor no contestaran.

Otra consecuencia importante de que la producción de carbón vegetal se lleve a cabo de manera informal es que los productores fabrican el carbón sin seguro médico o sin el equipo de protección necesario. Algunos riesgos de la producción de carbón son: inhalación de humo, quemaduras, accidentes con la motosierra y dolor crónico de espalda. Entre los riesgos asociados a fabricar el horno, los más comunes y que reconocieron los productores fueron la inhalación del humo “*el humo es veneno*” (P5) y el dolor crónico de espalda.

En un intento por entender los espacios de mejora que los mismos productores ven en su producción, se les preguntó qué les haría falta para producir carbón vegetal en una situación ideal. Ellos mencionaron (en orden de importancia):

- Con el permiso debido
- Con tranquilidad y sin miedo
- Con motosierra
- Venderlo a mejor precio
- Con seguridad médica
- Entre varias personas
- Siempre con la mejor madera y tierra

La lista anterior de alguna manera resume las problemáticas y las necesidades que se han venido discutiendo en esta sección de los resultados. La informalidad de la producción en la cuenca de Cuitzeo genera que los productores trabajen intranquilos y con miedo, sin seguridad médica y que su trabajo sea muy poco redituable. Esto se traduce en que muchos productores añoren dejar de fabricar carbón y que en lugar de esto tengan un sueldo estable o que al menos su producción se haga entre varias personas para que el trabajo en equipo les permita incrementar su volumen de producción con menor esfuerzo físico. Refleja la necesidad de disminuir el trabajo físico cambiando la motosierra por el hacha. Finalmente, también muestra la importancia de revalorizar y prestar atención al conocimiento que tienen los productores de cómo manejar el bosque para la fabricación de carbón vegetal.

### **6.3 Objetivo específico dos: Generar tipologías de productores según sus características sociales.**

En esta sección se utilizaron respuestas de la entrevista semi-estructurada para hacer un Análisis de Conglomerados y un Análisis de Componentes Principales (PCA). Las doce variables utilizadas en los análisis únicamente muestran aspectos sociales de los productores de carbón vegetal (para mayor detalle ver: **Tabla 5.3**). La hipótesis de los análisis es:

**H<sub>1</sub>: Los productores de carbón vegetal son un grupo social heterogéneo cuyas principales diferencias estarán asociadas a factores sociales como la experiencia que tengan en la producción de carbón vegetal, la dependencia que tengan a este trabajo y el tipo de contrato con el cual llevan a cabo esta actividad.**

#### *6.3.1 Análisis de conglomerados*

Se probó hacer el análisis de conglomerados con 2, 3, 4 y 5 agrupaciones. Aquel de 4 resultó el que dejaba mal acomodado a solo un productor ( $r=0.65$ ), los demás dejaban a más de uno, por eso se eligió (ver: **Fig. 6.13** y **Tabla 6.5**). El P7 es el productor que causa ruido en el modelo debido a que comparte todas las características típicas del grupo verde, excepto que su tipo de contrato es rentar la madera (característica del grupo Rojo).

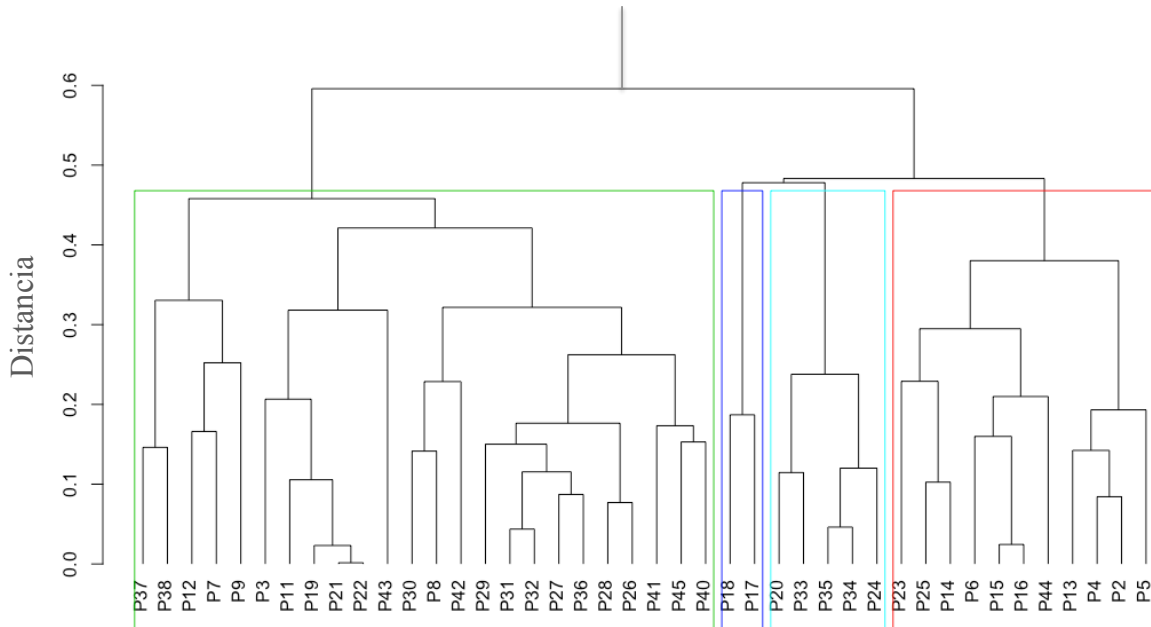


Figura 6.13 Análisis de conglomerados utilizando 42 productores para la formación de 4 grupos. La formación de los grupos es la siguiente: verde (24 productores), azul (2 productores), aqua (5 productores) y rojo (11 productores). De los 42 productores, el análisis tan solo deja a un productor fuera del acomodo (P7, color verde)  $r=0.65$

### 6.3.2 Análisis de componentes principales (PCA)

El PCA muestra la formación de tres grupos Verde, Aqua y uno que une a los grupos Rojo y Azul del Análisis de Conglomerados (ver **Figura 6.13 y 6.14**). Debido a que el grupo Azul solamente cuenta con dos productores y estos no se encuentran cercanos uno a otro, ni notoriamente separados del grupo, se tomó la decisión que para el resto del trabajo, se unifiquen en un mismo grupo que se llama Rojo. Las principales características de cada grupo según el PCA se resumen en la **Tabla 6.5**, en la **Tabla 6.6** podemos observar a qué localidades pertenece cada grupo.

En resumen, las características más importante de cada grupo son:

**Aqua “dueños de la madera”:** Es el grupo más homogéneo de todos por tener el mayor acceso a la madera (100%), junto con el Rojo reúne a los productores con mayor experiencia haciendo carbón vegetal (en promedio 26 años), todos provienen de la localidad “A” o la “L”, las cuales son ejidos, solo han producido carbón en un lugar porque todos los productores son dueños de los terrenos donde producen el carbón (al ser ejidatarios). Son el grupo que en promedio mejor pago recibe por kg de carbón (\$2.96).

**Rojo “moderado acceso a la madera”:** Los productores tienen un acceso a la madera alto (en promedio 82%), tienen el mismo promedio de años de experiencia que el grupo Aqua,

en promedio son el grupo que ha trabajado en más lugares, pero ganan en promedio menos por kg de carbón que producen. La mayoría de los integrantes del grupo rentan la madera.

**Verde “bajo acceso a la madera”:** Este es el grupo más heterogéneo de todos. Los productores tienen un bajo acceso a la madera, en promedio del 50%. Es el grupo que en promedio tienen a los productores con menos años de experiencia (13 años). Los productores son retribuidos de diversas maneras, pero a la mayoría le pagan monto fijo por horno que realicen o de lo ganado le tienen que dar un porcentaje al dueño de la madera.

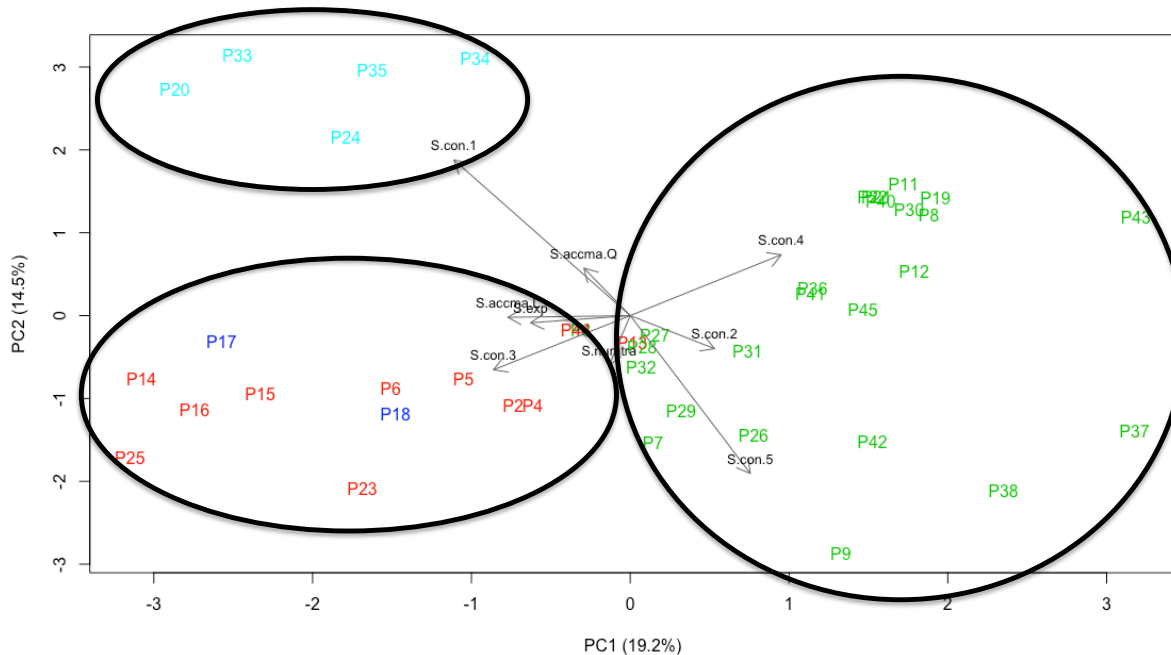



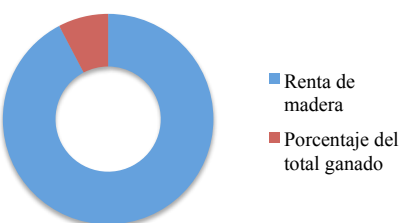
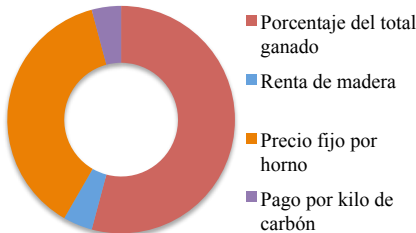
Figura 6.14 Análisis de Componentes Principales utilizando 42 productores y 12 variables sociales. Los colores de los productores están dados por el Análisis de Conglomerados. El PCA muestra una clara diferencia en el eje “Y” entre el grupo verde y los color rojo, aqua y azul. La flechas muestran las variables que están definiendo cada grupo. S.con. es una abreviatura del tipo de contrato de ese grupo y S.acma del acceso a la madera que tienen esos productores.

Es interesante notar que el grupo Aqua parece ser el que tiene más estabilidad económica y laboral en cuanto a su producción de carbón vegetal. Por una parte, ellos son dueños completos de su trabajo, ellos deciden el manejo del terreno y tienen la experiencia para hacer el trabajo. Estas características resultan en un enorme incentivo para garantizar el cuidado del bosque y buscar aquellas prácticas que den como resultado una alta eficiencia en la producción de carbón vegetal.

Después, el grupo Rojo parece ser el más estable. A pesar de no ser dueños de la madera, el hecho de que la renta les da, una vez pagada su parte un completo control de ella. Mientras mejores prácticas tengan y más carbón produzcan por kg de madera medido al horno, mejores ganancias tendrán ellos mismos.

Por último, el grupo Verde no sólo es el más heterogéneo, sino en el que sus miembros tienen menor estabilidad económica y laboral. La mayor parte de ellos le dan al dueño un porcentaje del total de carbón obtenido, en este tipo de acuerdo, a pesar de que un mejor rendimiento de producción, le garantizará mejores ganancias al productor, estas no serán tan evidentes para el productor, ya que le dan al dueño de la madera entre el 30 y 50% del total obtenido. Aquellos del grupo Verde que reciben el pago de su producción por horno producido tienen aún menos incentivos para producirlo con una alta eficiencia y con buenas prácticas.

Tabla 6.5 Variables más importantes formadoras de los grupos de PCA

Grupo	Acceso a la madera	Años de experiencia	Número de lugares donde ha producido cv	Precio por kg de carbón	Tipo de contrato
<b>Aqua</b>	100.00 ±0.00	26.00 ±11.60	1.00 ± 0.00	2.96 ±0.09	
<b>Rojo/ Azul</b>	82.31 ±9.71	26.00 ±17.33	2.23 ±0.73	2.26 ±0.69	
<b>Verde</b>	52.25 ±22.87	13.73 ±11.12	1.54 ±0.67	2.59 ±0.66	

*Nota: El precio por kg de carbón no es una de las variables más importantes según el PCA, sin embargo se añadió para describir los tres grupos.*



Tabla 6.6 Porcentaje de productores pertenecientes a las diferentes localidades según su grupo en el análisis de conglomerados. Se observan tendencias, por ejemplo, ciertos grupos tienen a todos los productores de localidades de la zona, aquellos que tienen exclusivamente a una localidad y su “n” es mayor a uno son: Verde (F, G, K y P).

Localidad	Verde	Rojo/Azul	Aqua	Total de productores
A	0	0	100	1
D	0	100	0	1
F	100	0	0	4
G	100	0	0	2
H	50	50	0	2
I	33	57	0	9
K	100	0	0	4
L	0	100	0	1
M	20	0	80	5
N	0	100	0	1
O	0	50	0	4
P	100	0	0	8

La formación de grupos tanto en el Análisis de Conglomerados como del PCA aceptan la  $H_1$ , hay heterogeneidad social entre los productores de carbón vegetal. Hay características importantes que los distinguen entre ellos, de las cuales sobresalen: el tipo de contrato que tienen, el acceso a la madera, el número de lugares donde producen carbón y su experiencia.

#### 6.4 Objetivo específico tres: Determinar si la heterogeneidad social ayuda a explicar diferencias entre la eficiencia de los hornos y en las prácticas de manejo de los productores.

En esta sección se analizarán algunas de las prácticas que tienen los productores de carbón para ver si existen diferencias entre ellos. Como insumo se utilizaron las mediciones realizadas para determinar la eficiencia de los hornos de tierra. La hipótesis correspondiente es:

##### 6.4.1 Diferencias de prácticas a nivel individual

**$H_2$ : Las prácticas en la elaboración de carbón vegetal (p.e. la eficiencia de producción, el tamaño del horno, el número de días de secado de la biomasa, etc.) son heterogéneas a nivel individual en la producción de carbón vegetal.**

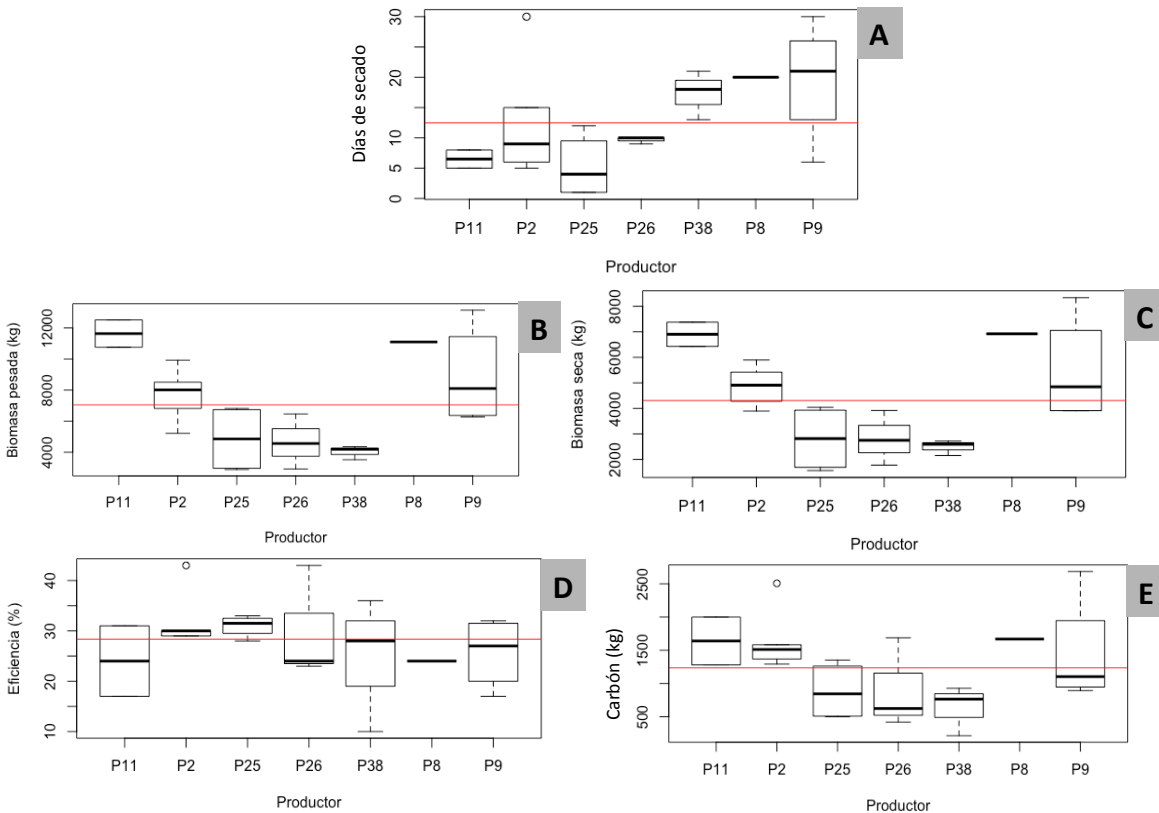


Figura 6.15 Variables que analizan las prácticas de producción de carbón vegetal para cada productor, incluso la eficiencia de los hornos (D). Resultados de la prueba de Friedman: A) Días de secado  $\chi^2(4) = 11.1864$ ,  $p = 0.02455^*$  (Se realizó un análisis no paramétrico post hoc de Friedman y las diferencias son únicamente entre P9 y P25  $p = 0.034$ ) B) Biomasa pesada:  $\chi^2(4) = 7.4667$ ,  $p = 0.1132$ ; C) Biomasa seca  $\chi^2(4) = 9.3333$ ,  $p = 0.05329$ ; D) Eficiencia  $\chi^2(4) = 0.8966$ ,  $p = 0.9251$  E) Carbón  $\chi^2(4) = 5.6$ ,  $p = 0.2311$ .

Los análisis de Friedman muestran que solo hay diferencias significativas entre los productores por los días de secado de P9 y P25. Esto por sí solo no puede ser concluyente de que las prácticas de producción de carbón sean homogéneas entre los productores; debido a que el análisis utilizó una cantidad reducida de datos y porque se observan tendencias interesantes en las mediciones, éstas son:

- En los días de secado se observan dos grupos, uno que seca más días del promedio (P38, P8, P9) y otro menos (P11, P2, P25, P26).
- Respecto a la biomasa pesada y seca que entra a cada horno, se observa que esta la formación de dos grupos unos que meten más biomasa que el promedio (P11, P2, P8 y P9) y otro que mete menos biomasa que el promedio (P25, P26, P38).
- La cantidad de carbón obtenida por los productores refleja aquellos grupos formados por la cantidad de biomasa que utilizan por horno, aquellos que utilizan más biomasa obtienen más carbón (P11, P2, P8) excepto por el productor P9 y

aquellos que utilizan menos biomasa obtienen menos carbón que el promedio (P25, P26, P38).

- La eficiencia, a pesar de no mostrar diferencias significativas entre los productores no es del todo homogénea. Es importante estudiar las variaciones dentro de cada individuo y entre los productores, porque la demanda de biomasa leñosa es muy dependiente de ella. La eficiencia promedio de los productores es de  $28.34\% \pm 7.72$ .

#### 6.4.2 Diferencias de prácticas a nivel grupal

En esta sección se buscará determinar si existen diferencias entre los grupos de productores definidos en el Objetivo dos con el Análisis de Componentes Principales y el Análisis de Conglomerados. La hipótesis correspondiente es:

**H<sub>3</sub>: Las prácticas en la elaboración de carbón vegetal (p.e. la eficiencia de producción, el tamaño del horno, el número de días de secado de la biomasa, etc.) son heterogéneas a nivel grupal (resultados objetivo 2) en la producción de carbón vegetal.**

Tabla 6.7 Productores con mediciones de sus hornos de grupos Rojo y Verde.

Productor	Grupo
P2	Rojo
P25	
P9	Verde
P8	
P11	
P26	
P38	

Los siguientes análisis se realizaron con las mediciones de hornos de carbón vegetal de siete productores. Estos productores pertenecían únicamente a los grupos Rojo y Verde (ver **Tabla 6.7**). Lamentablemente, ninguno de ellos formaba parte del grupo Aqua. Se realizaron pruebas de ANOVA de una vía para ver si existían diferencias significativas entre el manejo del grupo Rojo y el Verde.

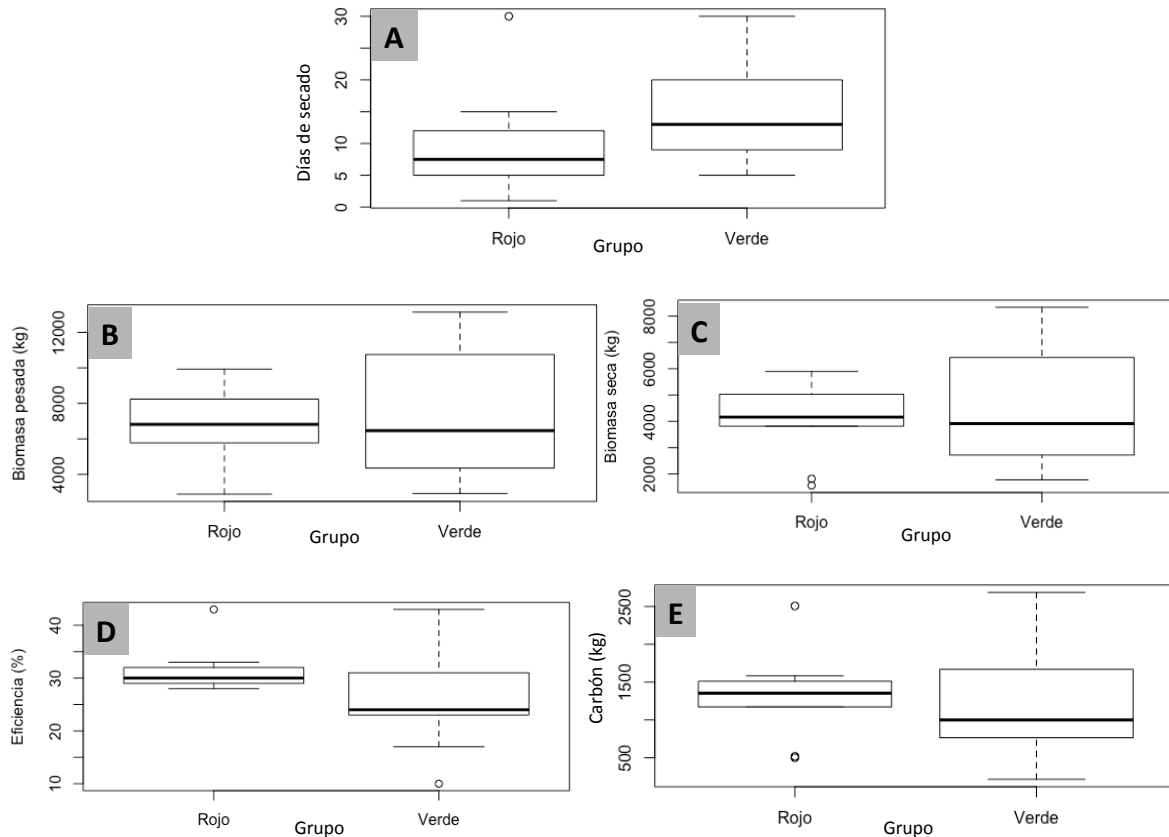


Figura 6.16 Variables que analizan las prácticas de producción de carbón vegetal para cada grupo de productores. Resultados de prueba de ANOVA de una vía A) Días de secado [F (1,21) = 2.476, p= 0.131]; B) Biomasa pesada F (1,22) = 0.339, p= 0.566]; C) Biomasa seca [F (1,21) = 0.318, p= 0.579]; D) Eficiencia [F (1,20) = 3.058, p= 0.0957]; E) Carbón [F (1,20) = 0.209, p= 0.652].

A pesar de que no hay diferencias significativas entre los grupos hay tendencias interesantes:

- La variación que presenta el grupo Verde en todas las variables estudiadas es siempre mucho mayor que en la del grupo Rojo.
- En la variable D) Eficiencia en el grupo Verde alcanza los mismo niveles de eficiencia que el Rojo, sin embargo no es capaz de mantener los niveles altos.
- Es notorio que en existe poca diferencia entre el promedio de biomasa que ambos grupos están metiendo al horno. Sin embargo, si hay una tendencia a que el grupo Rojo tenga en promedio una eficiencia más alta que el grupo Verde y por lo tanto obtengan mayor cantidad de carbón vegetal. Estas ligeras diferencias, podrían significar que el impacto ambiental que tiene el grupo Rojo sobre el Verde sea a la larga menor.

### 6.4.3 Diferencias de prácticas según la temporada del año

Para asegurarse que las prácticas no fueran influenciadas por la temporada del año se realizaron pruebas de ANOVA entre mediciones realizadas en secas y lluvias. Se propuso la siguiente hipótesis:

**H<sub>4</sub>: Las prácticas de elaboración de carbón vegetal de los productores y la eficiencia resultante se ven influenciados por la temporada del año en donde en específico, se espera observar menor eficiencia y menor producción de carbón vegetal.**

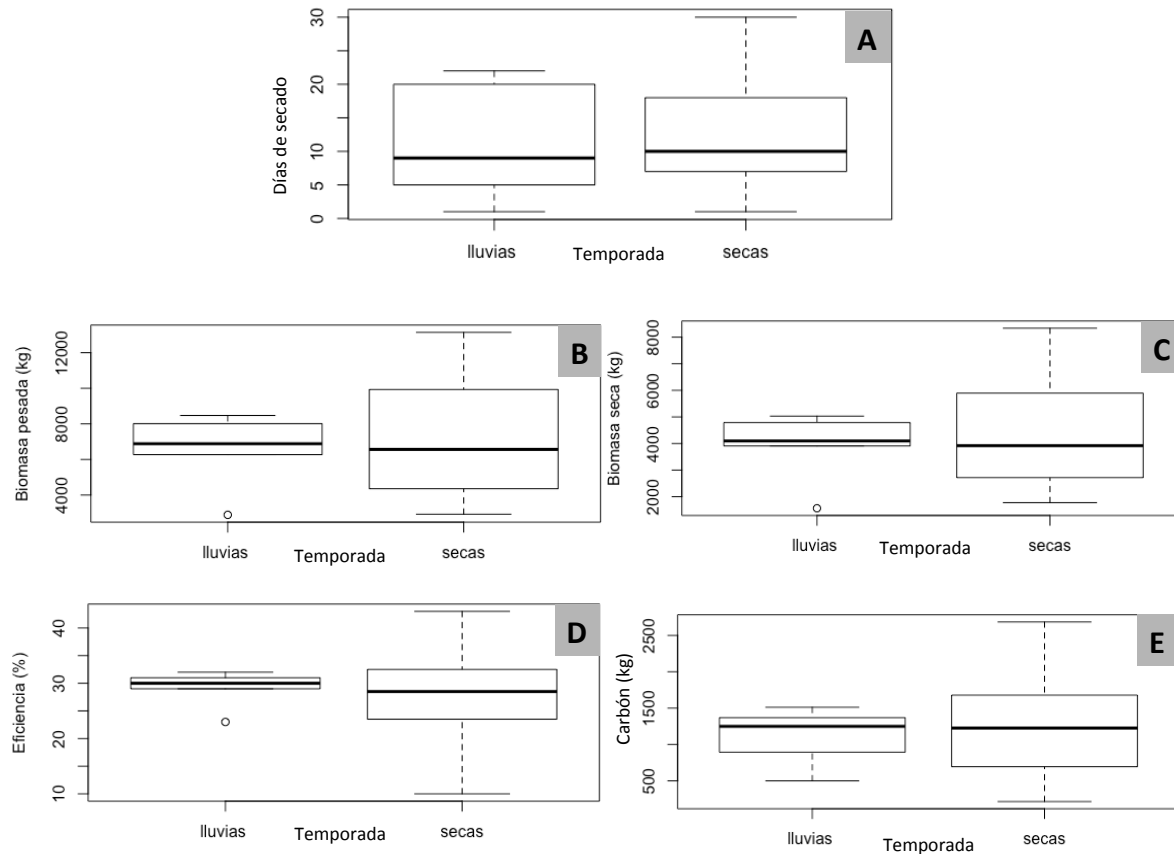


Figura 6.17 Variables de prácticas de producción de carbón vegetal según la temporada del año (lluvias o secas). A) Días de secado [F (1,21) = 0.253, p= 0.62]; B) Biomasa pesada: [F (1,22) = 0.2, p= 0.659]; C) Biomasa seca [F (1,21) = 0.352, p= 0.56]; D) Eficiencia [F (1,20) = 0.085, p= 0.773]; E) Carbón [F (1,20) = 0.221, p= 0.643].

A pesar de que no hay diferencias significativas entre los grupos hay tendencias interesantes:

- Se esperaba que en lluvias el promedio de días de secado aumentara dado que los niveles de humedad del ambiente incrementan considerablemente. Sin embargo, los datos muestran lo contrario. Esto puede deberse a que muchas veces la decisión de cuántos días dejar secar la madera antes de hornearla está más guiada por la

demanda que tengan por obtener el carbón, o por otros trabajos que tengan simultáneamente.

- Es notorio que en temporada de secas hay mucha más dispersión entre las variables observadas. Esto puede deberse a que la mayor parte de las mediciones se realizaron en época de secas (18 de 24 hornos medidos). La mayor parte de la producción se concentra en secas porque en lluvias se realiza la siembra y los productores mencionan que la lluvia afecta su eficiencia.

### **6.5 Objetivo específico cuatro: Analizar si la heterogeneidad social y de prácticas de manejo generan distintos niveles de consumo de biomasa leñosa.**

En esta sección se mostrará las diferencias en impacto que distintos tipos de manejo conlleva. La hipótesis correspondiente es:

**H<sub>5</sub>: Habrá distintas condiciones sociales (acceso a biomasa, experiencia) entre productores de carbón vegetal que promuevan mayor o menor consumo de biomasa leñosa.**

Para analizar las diferencias en la pérdida de biomasa leñosa, se plantearon cuatro escenarios hipotéticos de manejo basados en la eficiencia de producción. Se eligió la eficiencia como la variable central debido a que representa las condiciones sociales de los productores (ver objetivo tres) y también muestra la cantidad de biomasa necesaria para satisfacer la demanda de biomasa. Los escenarios fueron realizados con las eficiencias de: 9%, 17%, 28% y 36%. La justificación de cada una está en la **Tabla 6.8**. Los escenarios asumirán que todos los productores elaboran el carbón vegetal con la eficiencia correspondiente. El estimado de biomasa total en el sitio de estudio (ver **Figura 5.2**) es de 5,416,286 ton de biomasa húmeda (Caballero-Camacho, com. personal).

Tabla 6.8 Justificación de cada eficiencia utilizada para plantear los escenarios de eficiencia

<b>Eficiencia (%)</b>	<b>Justificación</b>
<b>9</b>	La mínima reportada en (FAO 2017) para hornos tradicionales de tierra.
<b>17</b>	La segunda más baja que obtuvimos en campo (cuenca de Cuitzeo), la mínima obtenida en campo fue 10% y como es muy cercana a 9% se optó por utilizar la segunda más baja.
<b>28</b>	La eficiencia promedio obtenida en las mediciones de campo (cuenca de Cuitzeo).
<b>36</b>	El segundo valor de eficiencia más alto. El valor más alto obtenido en campo fue de 43%. Se consideró que es un dato que se tiene que revalorar por ser muy alto. Por esta razón se decidió descartarlo para este análisis.

Los escenarios compartirán los mismos valores para: temporada del año, proporción de especies de encino utilizados en el horno, días de secado, número total de productores, ganancias mensuales por carbón vegetal, y por lo tanto, producción mensual de carbón vegetal. Esto con el objetivo de que la eficiencia sea la única variable comparable entre ellos. El desglose de los supuestos se puede ver en la **Tabla 6.9**.

Tabla 6.9 Supuestos utilizados para los escenarios de eficiencia.

<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Justificación</b>
Temporada del año	secas	Se realizan más hornos en temporada de secas que de lluvias (ver <b>Figura 6.7</b> )
Proporción de especies de encino utilizados en el horno	86% <i>Quercus castanea</i> 9% <i>Q. deserticola</i> 5% <i>Q. laeta</i>	Este es el valor promedio de la proporción de especies de encino utilizada en los hornos que se midieron en el trabajo de campo.
Días de secado	12 días	Valor promedio de los días de secado de los hornos que se midieron en el trabajo de campo.
Total de productores en el sitio de estudio	50 productores	Los escenarios contemplan únicamente a los productores que consideraron a la elaboración de carbón vegetal como su principal trabajo: 56.52% (n=46). Por tanto, si en el sitio de estudio existen 102 productores, 50 productores representan un estimado de dicho gremio.
Ganancias mensuales de cv por productor	\$5,000	Con información de los talleres y la entrevista no estructurada con P26, obtuvimos un estimado de ganancias de \$5,000 al mes.
Producción anual de cv por productor	20 ton	Considerando un promedio de pago por cv \$3.0 el kilo. Obtenemos que los productores necesitan elaborar 1.67 ton de carbón vegetal al mes para mantenerse, al año esto implica una producción de 20 ton por productor.

Bajo estos supuestos, en la **Figura 6.17** podemos observar que una eficiencia del 36% implica que se requiere 4 veces menos biomasa para satisfacer la demanda de los mismos productores que para una eficiencia del 9%.

Mientras, que la **Figura 6.18** muestra la suma de la cantidad de biomasa que se perdería con los años, de mantenerse los mismos supuestos de producción y omitiendo la recuperación del bosque por rebrote. La gráfica sobreestima la pérdida de biomasa, pero funge como una “línea base” de pérdida de biomasa. La eficiencia promedio de 28% registrada (ver **sección 6.3**) es mayor que la registrada anteriormente por Camou *et al.* 2016 en la cuenca de Cuitzeo y es casi el mismo valor máximo registrado en la FAO, 2017 (30%) para ese tipo de horno.

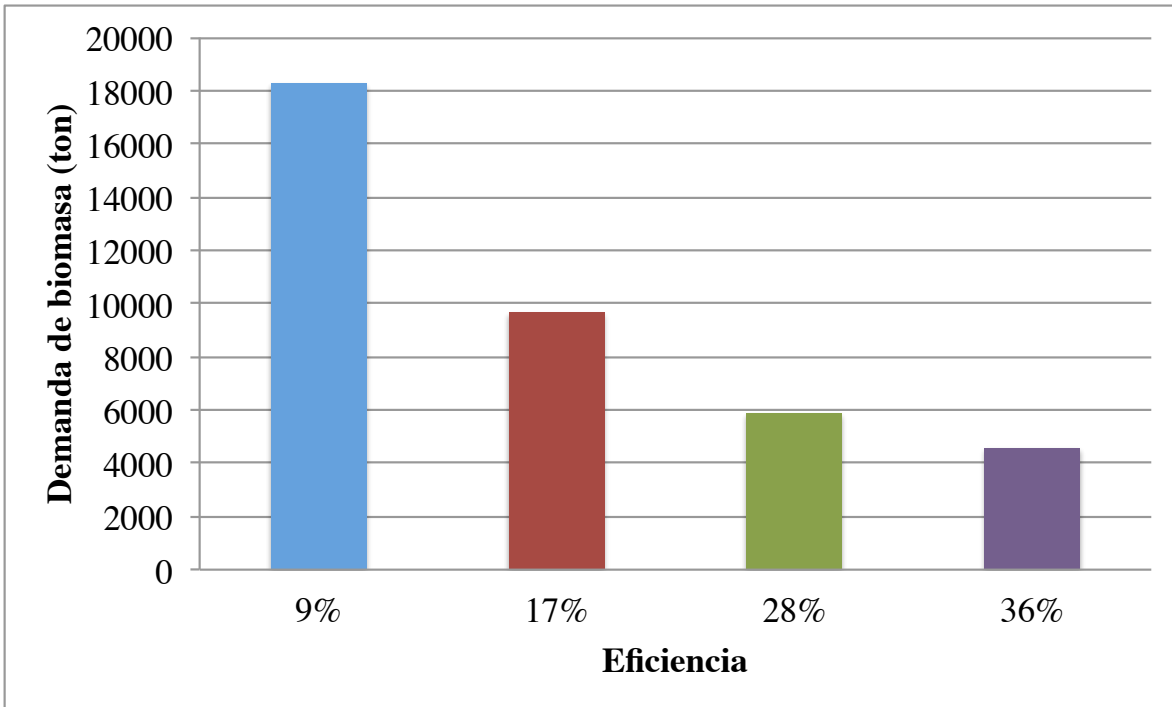


Figura 6.18 Demanda de biomasa leñosa en un año para 50 productores de carbón vegetal, asumiendo que todos tienen la misma eficiencia

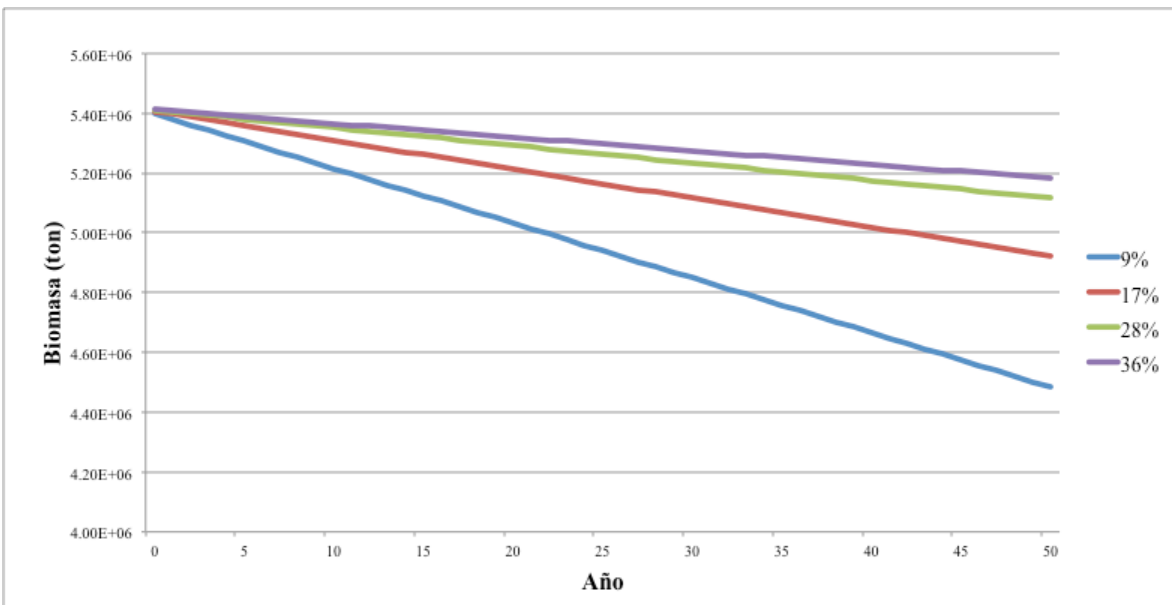


Figura 6.19 Cantidad de biomasa leñosa remanente en una proyección de 50 años con una regeneración de cero.

Con estos resultados aceptamos  $H_5$ . Podemos ver claramente que la eficiencia con la que se elabora el carbón vegetal resulta fundamental para mejorar el manejo de los bosques y aspirar a un manejo cada vez más sustentable.



La eficiencia más baja (9%) necesita 18,281 ton de biomasa al año por 50 productores, mientras que una eficiencia de 28% requiere casi tercera parte (5,876 ton al año), o la de 36% una cuarta parte, 4,570 toneladas. Si bien este modelo tiene supuestos donde no se contempla la regeneración y las eficiencias del horneado se asumen idénticas para los productores, sí nos permite entender que la eficiencia es fundamental para mejorar las condiciones de conservación del bosque y los ingresos de los productores.

Tener una mejor eficiencia implica 1) menos biomasa del bosque, 2) un área de corte menor, 3) menor producción 4) mejores ganancias para los productores 5) una combustión más limpia con menos producción de gases de efecto invernadero. Por ejemplo, si se requiere alrededor de un mes para producir un horno con una eficiencia de 9%, el productor necesitará 3 meses de trabajo para elaborar la misma cantidad de carbón vegetal que un productor que produzca a una eficiencia del 28%. Una eficiencia alta representa beneficios para el bosque y para los productores de carbón vegetal.

## VII. DISCUSIÓN

Este estudio se diseñó con la motivación de “desmitificar” algunos de los varios supuestos existentes sobre el carbón vegetal. Estos mitos predominan tanto en las conversaciones cotidianas entre vecinos, como en las discusiones gubernamentales entre tomadores de decisiones y diseñadores de políticas públicas sobre energía, conservación y desarrollo rural. Específicamente, se buscaba determinar si es correcto asumir que los productores de carbón vegetal forman un grupo homogéneo entre ellos, en términos de sus condiciones sociales (todos son pobres, sin tierras) y sus capacidades para elaborar carbón vegetal (las tecnologías son de bajo rendimiento). Esta premisa es común dentro de estas discusiones, y permite deducir que los productores tienen incidencias equiparables sobre los bosques (deforestan), y con multiplicaciones es posible predecir el impacto que todos tienen. Estas premisas han contribuido a diseñar políticas públicas, intervenciones y actitudes hacia la actividad de elaborar el carbón vegetal *a priori* asumiendo que a) causa deforestación; b) las tecnologías requieren mejoramiento o c) hay que prohibir la actividad. Dada la cantidad de productores que se ven involucrados en este tipo de decisiones, es importante entender hasta dónde estos supuestos aplican o, cuándo son mitos.

De entrada, se propusieron cuatro hipótesis las cuales permitieron hacer operativos y probar la relevancia de estos supuestos en un estudio de caso, la cuenca de Cuitzeo. El argumento principal que justifica estas hipótesis es que, los productores de carbón vegetal de Cuitzeo al ser un grupo social formado por individuos con experiencias y antecedentes distintos, debe de subdividirse en diferentes agrupaciones entre las cuales las distinciones más importantes serán las diversas condiciones sociales. Por lo que, aunque tengan las mismas condiciones biofísicas (como las mismas especies de biomasa, el mismo clima) o vivir en el mismo contexto sociopolítico; debido a diferencias sociales, las capacidades entre ellos para elaborar carbón vegetal diferirían significativamente. Consecuentemente, entre productores de una zona, habrá grupos más (o menos) sustentables que otros en términos de la pérdida de biomasa leñosa que ocasionan en los bosques donde trabajan. Siendo este el caso, el estudio permitiría identificar el conjunto de variables sociales propicias para una elaboración de carbón de bajo impacto forestal. Se espera que a través de la construcción de contextos sociopolíticos adecuados para producir carbón vegetal con altas eficiencias se disminuya la necesidad de invertir en intervenciones técnicas como lo es la implementación de hornos mejorados.

La discusión se centra en mostrar cómo los hallazgos de este estudio permiten entender el sistema productivo de carbón vegetal como un sistema socioecológico con fuertes interacciones entre sus componentes sociales y biofísicos, los cuales están reflejados en aspectos puntuales de las prácticas de manejo empleadas por los productores. En específico, se trata de demostrar cómo el horno puede servir como punto de partida para abordar tres temas críticos en los discursos sobre la sustentabilidad del carbón vegetal:

- 1) La importancia del carbón vegetal no solo en términos económicos, sino como un representante de la diversidad biocultural mexicana. Para esto, se basará en los

hallazgos pertinentes de las entrevistas con los productores, los talleres y las discusiones informales que se tuvieron con productores claves de la zona.

- 2) La eficiencia de tecnologías artesanales y el mito de que, por ser tradicionales y artesanales, deben tener un “bajo rendimiento”. Al contrario, se va a argumentar que, los productores varían en su capacidad para gestionar los hornos, y que más allá de la experiencia, muy probablemente son las condiciones disparejas del acceso a la biomasa lo que determina una buena gestión o no.
- 3) La importancia del contexto social para entender el impacto de la producción sobre bosques, retomando el mito de que si el carbón vegetal causa o no deforestación. Este apartado, se basa en los resultados de la modelación bajo diferentes escenarios de eficiencia.

Finalmente, se desglosan las implicaciones de los resultados de este trabajo para la generación de políticas públicas existentes de México que inciden sobre la producción de carbón vegetal.

### **7.1 El carbón vegetal: un empleo más y un elemento de la diversidad biocultural mexicana**

El carbón vegetal casi siempre se produce en comunidades marginadas, pequeñas y rodeadas de bosque donde la oportunidad de tener trabajo comúnmente es fuera de la comunidad, excepto por el carbón (Scholz 2001; Galaz-Montero 2004; Estevez *et al.* 2010; Camou-Guerrero *et al.* 2016; Kees *et al.* sin fecha). En comparación a otras actividades, su elaboración requiere de poca inversión más allá de la labor del productor y acceso cercano a la madera (Mwampamba *et al.* 2013). Se ha entendido como una actividad complementaria a otras actividades, en particular de la agricultura. Esto ha sido reportado tanto en países africanos (Zulu y Richardson 2013; Ndegwa *et al.* 2016), como en América Latina, en Chile (Scholz 2001; Estevez *et al.* 2010), Perú (Labarta, White, y Swinton 2008; Díaz-Batalla *et al.* 2010); y en distintas zonas de México (García-Frapolli *et al.* 2008; Gutiérrez-Ruvalcaba 2012; Santos-Fita *et al.* 2013; Camou-Guerrero *et al.* 2016). En el caso de la cuenca de Cuitzeo, el carbón vegetal es una actividad complementaria de la agricultura, ganadería, extracción de piedra para construcción, albañilería, entre otras, y que permite una remuneración económica (Camou-Guerrero *et al.* 2016). A pesar de que se tiene la idea de que el carbón vegetal se produce solamente o en su mayoría en época de secas, los resultados muestran que el carbón se produce a lo largo de todo el año y los picos de producción son en secas.

Por otra parte, se discute si la producción de carbón vegetal puede ayudar a aliviar la pobreza o si más bien es una “trampa de pobreza” que la perpetua entre los productores en lugar de ser un medio para salir de ella (Ndegwa *et al.* 2016). La “trampa de pobreza” sucede cuando la mayor parte de las ganancias para el productor tienen que ser reinvertidas en generar más producto, en lugar de para su sustento propio. En el caso de la cuenca de Cuitzeo, no se requiere de gran capital para producir el carbón vegetal, pero sí es necesaria una gran cantidad de tiempo y esfuerzo físico. Los productores en la cuenca de Cuitzeo reportaron recibir \$2.87 por kg comprado “al pie del horno”. Este precio es similar al reportado en otro estudio realizado en la misma zona, de \$2.80 a \$3.00 pesos por kg (precio

2010 a la fecha) (Camou-Guerrero *et al.* 2016). En un estudio realizado en noviembre de 2017, se reporta que el precio del carbón vegetal ha aumentado, al estar en promedio el kg de \$3.50 a \$4.00 (Mwampamba, com.personal). Si se toma en consideración que el tiempo de elaboración de carbón vegetal (días/hombre) desde la corta de la madera hasta el encostado es de un mes para un horno grande (Camou-Guerrero *et al.* 2016), los productores ganan alrededor de \$5,000 al mes, que es una ganancia marginal, tan sólo un poco más por arriba del salario mínimo actual (\$2650.8 al mes; SAT, 2018), sobre todo si se contempla que ese salario mantiene a una familia de más de 4 integrantes y el desgaste físico que implica. Tomando esto en consideración, es probable que la producción de carbón vegetal en Cuitzeo sea una trampa de pobreza y esté perpetuando que sus productores apenas logren sobrevivir.

Entre los productores, producir carbón vegetal es visto como un mal trabajo por la demanda física y la escasa remuneración, lo mismo se ha mencionado en otros estudios (Scholz 2001; Shively *et al.* 2010; Smith *et al.* 2015; Jones *et al.* 2016). La falta de trabajos y oportunidades laborales en las zonas rurales obligan a las personas a migrar no sólo hacia las ciudades más grandes, sino a Estados Unidos (Tuirán y Ávila 2002). Este fenómeno no es propio de la cuenca de Cuitzeo ni de México, sino que también se ha observado en muchos países de África subsahariana (Zulu y Richardson 2013).

La migración en la cuenca de Cuitzeo ya no se ve como un evento extraordinario, sino que se ha normalizado al punto de que se ve como un trabajo más. En los últimos años ha visto reducida, por lo que podemos ver que los jóvenes de menos de 21 a 25 años, sí están entrando a la producción de carbón vegetal (ver **Figura 6.2**). Durante los ocho años de trabajos realizados en la zona, se ha notado que cambios en las políticas de migración en los EU han tenido influencia en la cantidad de productores jóvenes en la zona. En específico, bajo la administración del presidente B. Obama, hubo un crecimiento de productores en la zona que se dedicaron al carbón vegetal mientras buscaban otros trabajos o formas de regresar a EU (Mwampamba, com. personal).

Esto explicaría los pocos productores que hay en la zona entre 26 y 35 años, sí pudieron migrar y se quedaron en EU. De los productores que tienen entre 36 y 50 años, muchos de ellos habían ido a EU y después regresaron a México. Los que regresaron a México después de estar unos años en EU, recordaban cómo elaborar el carbón, por lo que sin problema pudieron retomar esta actividad. En este estudio no se midió la eficiencia de ninguno de los hornos de productores recién llegados de los EU, pero, según los resultados, por ser un grupo en transición a otros empleos, probablemente sin terrenos propios de bosque y con una red social limitada para poder generar contratos propios con los dueños de la madera, tendrían una eficiencia tipo grupo Verde (o con bajo acceso a la madera), quizás de niveles bajos o medio bajos.

Las características económicas de la elaboración de carbón vegetal proporcionan una imagen bastante pesimista de este trabajo. Que es vista en los medios de comunicación y en la manera en la que los productores describen su trabajo a personas ajenas. Sin embargo, a lo largo de los cuatro años de trabajar estrechamente con varios productores (la mayoría de ellos del grupo Rojo – los que tienen mediano acceso a la madera), se notó el orgullo que tienen de su oficio y que reconocen la libertad que les proporciona el ser “su propio jefe”

por ser un productor. Conociendo el manejo y su impacto en el bosque, la producción tradicional de carbón vegetal podría ser utilizada como un motor en contra de la pobreza sin poner en riesgo los bosques. A su vez, también es importante visualizar y cuidar el conocimiento tradicional porque está en constante riesgo debido a la comercialización, presiones por el crecimiento poblacional, cambios en la tecnología, rompimiento de tenencia tradicional, pérdida del control de territorio por comunidades indígenas, cambios en la visión del mundo debido a la urbanización y al contacto con la naturaleza, etc. (Berkes *et al.* 1995).

La relación que los productores tienen con el horno es un ejemplo de cómo la tecnología es el nexo entre la sociedad (el productor) y el ambiente (el bosque de encinos). También es un ejemplo del valor biocultural que tiene esta actividad al mostrar un vínculo directo entre una cultura y su entorno. Esta relación mutualista entre productor (creador) y horno (creación) se ve fielmente representada en la personalización que los productores le dan a su horno. Otros estudios también han reportado giros al lenguaje para otorgarle voluntad a los objetos en función de la acción que se requiere para realizar una tarea. Por ejemplo, en Hidalgo, México se refieren a su actividad como “*lo que quiere el horno es que no entre el aire, por ello pide que se tapen los agujeros*” (Gutiérrez-Ruvalcaba 2012), o en Uruguay, cuando se refieren a cuidar que la llama del horno no se apague dicen “*dar de comer al horno de vez en cuando*” (Lamas-Rivero 2015). Por lo que la personificación de hornos no es exclusiva a la cuenca de Cuitzeo. Otro punto en común es guiarse por los sentidos para saber si el horno ya está listo, por ejemplo saben que ya está listo cuando el humo que sale del horno es azul, esto se ha reportado para Hidalgo, México (Gutiérrez-Ruvalcaba 2012), Uruguay (Lamas-Rivero 2015) y Chile (Galaz-Montero 2004). También hay características particulares a cada zona como que los restos de madera no cocidos del horno son conocidos como “tizones” en Hidalgo (Gutiérrez-Ruvalcaba 2012) y como “patas” en la cuenca de Cuitzeo. En Uruguay se le conoce como “ubiro” o “fuiiu” a la estaca que va al centro del horno (Lamas-Rivero 2015) y en Cuitzeo no se le nombra de manera específica.

La producción de carbón vegetal en zonas rurales es un tipo de manejo que permite eliminar los árboles enfermos o viejos, es decir, cuidar del mismo bosque y no puede entenderse llanamente como un medio de producción. Este hecho es reconocido por los productores en la cuenca de Cuitzeo y por la misma CONAFOR, que distingue dos tipos de producción de carbón vegetal, se le conoce como “entresacado” cuando se escogen los encinos más grandes, de troncos gruesos con ramas extendidas en su dosel, así como enfermos que serán cortados para producir carbón y porque el mismo corte sirve para el crecimiento de retoños y árboles jóvenes que presenten un desarrollo óptimo para su futuro corte (Gutiérrez-Ruvalcaba 2012). Existe una segunda variante de manejo conocida como “corte de área” cuyo objetivo es el corte de pinos para explotación en rollos, en caso de haber encinos en estas áreas, su madera se utiliza para hacer carbón, se desmontan los encinos y se resiembra toda el área de pino para su futura explotación en 25 o 30 años (Gutiérrez-Ruvalcaba 2012). El manejo de “corte de área” es un ejemplo de la subvalorización que hay los bosques de encino en el país ya que el manejo de pino es *a priori* considerado mejor.

Producir carbón vegetal también funge como un medio para optimizar los recursos forestales. Por ejemplo, en sitios donde se practica la roza-tumba-quema se ha reportado

que en lugar de quemar por completo los árboles grandes, los transforman en carbón y el resto de la biomasa la queman (García-Frapolli *et al.* 2008; Santos-Fita *et al.* 2013). Se observó en el Amazonas Peruano que la elaboración de carbón vegetal con estos troncos disminuye la tasa de deforestación en un 17% por vivienda al año (por la desviación de la mano de obra para cultivar a la producción de cv) y aumentando los ingresos familiares anuales un 17% por la venta del carbón (Labarta *et al.* 2008).

La tecnología para la elaboración del carbón vegetal es similar entre los productores de la cuenca y también con la reportada en otras investigaciones realizadas en la cuenca de Cuitzeo y en el municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo, México. En cuanto al tipo de horno que se fabricó, aproximadamente 80% (n=39) de los productores entrevistados prefiere y realiza el encendido de tierra por abajo. En el municipio de Huasca de Ocampo, se reportó que el tipo de encendido siempre es por abajo (Gutiérrez-Ruvalcaba 2012). Similarmente, los resultados muestran que en promedio por hornos, los productores obtienen  $42.39 \pm 20.76$  costales de carbón (n=40), con un rango de 23 a 63 costales por horno. En Huasca de Ocampo en promedio son de 35 a 40 costales pero varían de 25 a 80 (Gutiérrez-Ruvalcaba 2012). Es decir, el tipo de horno o las prácticas de cómo se enciende y también el tamaño del horno no parecen ser importantes para determinar el rendimiento. Mientras tengan la experiencia y buen acceso a la madera, los productores pueden sacar alto rendimiento con hornos chicos, medianos o grandes.

Construir hornos de carbón vegetal de manera tradicional es un elemento de la diversidad biocultural de nuestro país, transmitido a través de generaciones por medio del trabajo de los mismos productores, los cuales aprendieron a hacer los hornos de sus padres, y éstos a su vez, de sus abuelos y así por mínimo 150 años. En excavaciones arqueológicas en la cuenca de Cuitzeo se encontraron piezas (collares, cascabeles) que fueron realizadas con el método de la cera perdida (Macías-Goytia 1991) la cual requería de carbón vegetal para su elaboración. Esto sumado al hecho de que la vegetación predominante en la cuenca de Cuitzeo son bosques de encino, aumenta las probabilidades de que esta producción tenga orígenes desde la época prehispánica. No reconocer su importancia biocultural es quedarse atrás de países como Alemania, Austria y Suiza que ya han reconocido la relevancia de la práctica tradicional de carbón vegetal.

## **7.2 El horno y su eficiencia: Una expresión del contexto socioeconómico de los productores**

Se ha asumido en muchos trabajos que los productores tradicionales de carbón vegetal son homogéneos tanto en sus prácticas como en la dependencia económica que tienen hacia esa producción (Ndegwa *et al.* 2016). Este estudio permitió mostrar que esta hipótesis (la primera que se propuso) es muy probablemente errónea, al menos para el caso de la cuenca de Cuitzeo donde se pudo encontrar claramente a dos tipos de productores (aunque probablemente sean tres). En ellos podemos encontrar un gradiente de acceso a la madera: los “dueños” (grupo Aqua), los “mediano acceso a la madera” (grupo Rojo) y “bajo acceso a la madera” (el grupo Verde) (ver **Figura 6.13 y 6.14**).

El promedio general de la eficiencia reportada que tienen todos los productores es de  $28.36 \pm 7.73$ , el cual es mayor que el registrado anteriormente para la cuenca de Cuitzeo de 17.6% (Camou-Guerrero *et al.* 2016). Las cifras difirieron entre una eficiencia de 10 a 43% (ver **Figura 6.15, D**). A pesar de que las diferencias de eficiencias de los hornos no fueron estadísticamente significativas, hubo tendencias importantes que se pueden desglosar. Miembros del grupo Rojo (mediano acceso a la madera) pudieron mantener niveles altos de eficiencia durante todo el año, haciéndolos un grupo que no solo sabe armar y cuidar el horno bien, pero también están comprometidos a sacar el máximo del carbón vegetal posible, ya que tienen el incentivo de que sus ganancias una vez pagada la madera irá directamente para ellos. Los niveles de eficiencia a los que llegaron (36 y 43%) son igual a hornos industriales como el de retorta y tambor (Bailis *et al.* 2013; FAO 2017). Claramente, no son individuos que se beneficiarían ampliamente de un programa de “hornos mejorados”.

La característica más importante que distinguió al grupo Rojo (mediano acceso a la madera) del grupo Verde (bajo acceso a la madera) fue el acceso a la madera (cuya base es el tipo de contrato), el cual muy probablemente, genera diferentes grados de incentivos para elaborar un horno de alto rendimiento. El promedio entre ambos grupos es muy similar, sin embargo la variación de los datos en el grupo Verde es mucho mayor que en el Rojo (ver **Figura 6.16, D**). Esto nos indica que los productores del grupo Verde cuentan con la tecnología y la experiencia para alcanzar las mismas eficiencias que el grupo Rojo. Sin embargo, no cuentan con el contexto apropiado para siempre poder hacer lo necesario que garantice tener una eficiencia alta. El grupo Rojo tiene mayor acceso a la madera ya que al rentarla tienen más libertad de manejarla a su manera y tienen el incentivo de que las ganancias de tener un mejor manejo irá directamente hacia ellos. Con el grupo Verde un tercio de la ganancia total se la tienen que dar al dueño de la madera, por lo que, independientemente de la eficiencia con la que haga el carbón, una tercera parte de su esfuerzo siempre será para el dueño. Miembros del grupo Verde también tenían una mayor dispersión en todas las variables (días de secado de madera, biomasa pesada, biomasa seca y carbón obtenido, (ver **Figura 6.16**) lo cual puede significar que carecen de la estabilidad necesaria para elaborar los hornos siempre de la mejor y misma manera.

Tener un buen contrato de trabajo resulta fundamental para garantizar una buena remuneración económica a los productores y que con esto tengan un fuerte incentivo para producir el carbón vegetal con el cuidado necesario para tener eficiencias altas. Gutiérrez-Ruvalcaba (2012), en su estudio de productores en Hidalgo documentó que hubo ganancias económicas diferentes según el tipo de acuerdo con el que producen el carbón vegetal. El acuerdo más redituable fue el trabajo colectivo, cuando el dueño de la madera hizo los hornos con ayuda de sus mismos familiares y se repartieron las tareas entre ellos. Hubo menos ganancias cuando los productores fueron contratados como peones o cuando el dueño trabajaba solo.

### **7.3 La heterogeneidad del impacto forestal del carbón vegetal**

El manejo tradicional de encino para producir carbón vegetal es una práctica de varios siglos que ha permitido mantener la cobertura forestal actual y ha dado un medio de vida a

sus productores. Probablemente al tratarse de una producción de menor escala, esto sea lo que le esté ocasionando menor presión a los bosques (Ndegwa *et al.* 2016). El máximo de productividad para el crecimiento de encinos son entre 30 y 50 años (Aguilar *et al.* 2012). Sin embargo, en las entrevistas se obtuvo que en promedio el ciclo de corta es de  $13.39 \pm 7.77$  años, dando resultados similares a los de 7 a 15 años o cuando los rebrotes logran tener un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 15 cm o más (Camou-Guerrero *et al.* 2016). Los productores reconocen que es mejor esperar a que el diámetro del árbol sea más grueso, siendo  $31.06 \pm 8.25$  cm el diámetro preferido, pero no lo hacen por presiones económicas que podrían solventarse con acceso a otros trabajos, programas de subsidios o al vender su producto a mayor precio. Según la percepción de los productores, después de siete ciclos de corta (cada ciclo representa un evento de corte), los tocones no rebrotan más y el árbol muere (Camou-Guerrero *et al.* 2016).

Debido a que todos los productores permiten el rebrote de los árboles, da la impresión que el potencial impacto que entre ellos pueden ocasionarle al bosque es similar. Sin embargo, variables como: la diferencia en los tamaños de hornos y la gran variación entre sus capacidades de mantener una eficiencia alta y consistente de los hornos, deja claro que su consumo de leña difiera mucho. El tamaño del horno dicta el tamaño de la huella que va dejar, siendo esta la zona más afectada como resultado de las altas temperaturas a las que llega el horno (Ver **Figura 6.8**). Las implicaciones para los bosques de tener grupos mixtos de productores pertenecientes al grupo Rojo o Verde hace la diferencia entre un manejo sustentable o uno no sustentable.

#### **7.4 Implicaciones para las políticas públicas mexicanas**

Ya se han mencionado algunas implicaciones para las políticas públicas mexicanas. Primeramente, el enfoque de intervenciones de hornos mejorados no es siempre necesario, sobre todo en los casos donde los rendimientos en el manejo tradicional son altos. Más bien, las políticas deben enfocarse a mejorar el acceso a la biomasa, ya que indirectamente esto generará que los productores mejoren sus rendimientos y disminuyan su consumo de leña.

Hay una gran presión por formalizar el sector de la producción de carbón vegetal (FAO 2017). Sin embargo, la mayoría de los productores no son dueños de las áreas forestales y la CONAFOR solo trabaja con dueños. Los programas gubernamentales asumen que la producción de carbón vegetal se hará en comunidades o ejidos organizados, o a través de una empresa privada. Sin embargo, se produce mucho carbón vegetal fuera de estos contextos y los costos y el conocimiento para acceder a CONAFOR impide que muchos lo hagan. CONAFOR tiene que reconsiderar su definición de sustentabilidad y cuestionar la necesidad que todos sus programas pasen por dueños de la madera. El caso de la cuenca de Cuitzeo es el ejemplo de una zona donde se requiere formalizar la producción con los productores y no necesariamente con los dueños de la biomasa. En el caso particular de la cuenca de Cuitzeo la problemática de conseguir la formalización de la producción, se centra en dos puntos:



- Los más interesados en conseguir los permisos son los mismos productores. Ellos hacen el trabajo más pesado y ganan la menor proporción de dinero. Si llegaran a conseguir el permiso de producción, el precio al que pudieran vender el carbón incrementaría al menos \$2.00 por kg. Sin embargo, muy pocos de ellos han recibido instrucción formal más allá de la primaria y no están organizados, por lo que los trámites gubernamentales representan un verdadero obstáculo y los volúmenes de producción individuales son muy reducidos como para poder costear un permiso.
- Los propietarios usualmente no tienen terrenos lo suficientemente grandes como para producir volúmenes suficientes para costear los permisos gubernamentales. Muchos de ellos enfocan su tiempo en el ganado o la siembra y el ingreso del carbón lo ven como una manera sencilla de obtener ganancias extras. Hay varios propietarios que no viven en las localidades donde se produce el carbón, viven en Morelia o en Estados Unidos, por lo que es más cómodo para ellos que los productores de carbón les paguen una renta mensual y ellos no meterse en problemas.

### **7.5 Legalidad y el costo social de trabajar sin permisos**

En la descripción etnográfica pudimos observar que la normatividad le impone una carga psicológica fuerte y desánimo a los productores de carbón en la cuenca de Cuitzeo. Se vuelve un círculo vicioso donde por una parte no tienen los permisos, por lo que su producción al no ser formal les causa estrés y poca remuneración. Por otra, no conocen ni cuentan con los medios para obtener los permisos; situaciones similares se han reportado en Chile (Galaz-Montero 2004). Este contexto los pone inmediatamente en marginación porque se vuelven poco resilientes para afrontar cuestiones como problemas de salud, pago de funerales, desastres naturales, etc. Situaciones similares se han reportado en países de África subsahariana como Malawi (Smith *et al.* 2015). A esta cuestión se le añade el hecho de que los productores en la cuenca llevan a cabo la elaboración tradicional de carbón vegetal desde generaciones, por lo que es una práctica tradicional y no se ha realizado la labor de informarles la nueva normatividad ni como cumplirla.

Las medidas prohibitivas alrededor del carbón vegetal no sólo han sido criticadas por empujar a los productores a la pobreza, sino por no contribuir a un manejo sustentable de los recursos (Smith *et al.* 2015). También han ocasionado que el carbón vegetal sea un combustible ignorado y con poca visualización en políticas y en la población en general (Zulu y Richardson 2013). Realmente se necesita realizar una modificación a la legislación del carbón vegetal en México. El que la actividad sea ilícita al parecer inhibe de toda responsabilidad al gobierno y la culpa recae en los productores. Cuando aproximadamente el 90% de la producción en México es no formal (Masera *et al.* 2011), esto resulta en un indicativo de crear un cambio en la legislación que no abandone o prohíba a los pequeños productores tradicionales, sino que brinde alternativas para ellos. Malawi, un país subsahariano fuertemente dependiente del carbón vegetal como fuente energética doméstica, tiene una legislación para su producción de manera sustentable pero al 2015, no había sido entregada ninguna licencia, por lo que toda la producción nacional es no formal (Smith *et al.* 2015).

Resulta sorprendente las similitudes de nivel de vida entre los productores de carbón vegetal en la cuenca de Cuitzeo y las descripciones de productores en otras partes del mundo (sobretudo en África subsahariana) en artículos científicos o incluso en películas (p.e. “Makala”, “Tasio”). Estos países no tienen ninguna raíz cultural en común, pero sí comparten una legalización prohibitiva. Esto puede indicar que las políticas están empujando a los productores tradicionales de carbón vegetal a las mismas condiciones de vida y trabajo, vengan de México o de países tan distantes como Kenia o Tanzania. Es entonces momento de reconsiderar las regulaciones nacionales, ajenas a contextos rurales que se basan en modelos de desarrollo industriales a gran escala que tienen grandes sumas de dinero para invertir y medios especializados en conseguir los permisos de producción.

Es también importante notar que el sistema tradicional de carbón vegetal en la cuenca de Cuitzeo abastece simultáneamente de alimentos (agricultura y ganadería), combustible (carbón vegetal y leña), servicios ecosistémicos relacionados con el bosque, y es una fuente de empleo y reservorio cultural de la tecnología tradicional. Esta riqueza de productos derivados de un mismo sistema donde se produce carbón vegetal también se ha observado en paisajes mayas de Yucatán, México (García-Frapolli *et al.* 2008). El transformar estas prácticas tradicionales a sistemas más industriales sí aumentaría la productividad de un producto, pero perdería por completo los otros beneficios que trae consigo (Altieri 2009).

## VIII. CONCLUSIONES

La elaboración tradicional de carbón vegetal es un proceso artesanal complementario a las labores agrícolas y ganaderas que se realizan en el entorno rural y cultura campesina; y forma parte de la herencia biocultural de México. Se ha asumido que los productores tradicionales son un grupo homogéneo en características sociales, tecnología para la elaboración del horno y el manejo del bosque. En el caso de la cuenca de Cuitzeo existen tres grupos de productores de carbón vegetal (Aqua, Verde y Rojo) diferenciados por su acceso a la madera, tipo de contrato, años de experiencia y número de lugares donde ha producido carbón vegetal. Por lo mismo, cualquier normatividad futura, deberá tener en cuenta la heterogeneidad de los productores. No hay diferencias significativas en la manera en la que fabrican en el horno entre productores y entre los grupos de productores.

A pesar de la carencia de diferencias significativas, los resultados mostraron tendencias interesantes. El grupo de productores con menos acceso a la madera (Verde) presenta menos estabilidad en sus prácticas y en sus niveles de eficiencia que el grupo con mayor acceso a la madera (Rojo). El grupo Verde a pesar de lograr los mismos niveles de eficiencia que el Rojo, no es capaz de mantenerlos. Lo cual indica que si se busca tener un buen manejo del bosque es necesario brindarles a los productores un contexto de estabilidad laboral y económica. Se encontró un tercer grupo de productores (Aqua), pero a falta de datos de su eficiencia no fue posible integrarlo a la discusión. Sin embargo, al tratarse de los dueños de la madera con la que producen el carbón vegetal y por tanto, tener los niveles más altos de acceso de madera, suponemos tendrán los niveles de eficiencia más altos y serán capaces de mantenerlos.

Entender las características que forman a los grupos de productores y sus efectos en la eficiencia de los hornos puede ayudar a diseñar e implementar intervenciones enfocadas en promover la producción sustentable de carbón en un sentido holístico, que no deje de lado el bienestar de los productores ni del bosque.

La producción tradicional de carbón vegetal representa un reto normativo. La legislación mexicana asume que los productores contarán con el capital y el conocimiento necesario para la obtención del permiso. Indirectamente se requiere de un terreno extenso, grandes volúmenes de producción, capital para los permisos y organización de los actores involucrados en el terreno. Estos requisitos excluyen la producción tradicional porque se da de manera esporádica y a bajos volúmenes, y como consecuencia no reconocen la importancia cultural que esta tiene.

Se propone afrontar el incremento de la demanda de carbón vegetal no de manera prohibitiva, sino buscando las mejores intervenciones políticas que consideren aspectos sociales, ambientales y económicos de la misma. Entendiendo al carbón vegetal como un combustible renovable, de bajo costo, insustituible por gas LP, capaz de ser un motor para promover el desarrollo social.

## IX. Literatura citada

- Ágredos Pascual, M. L. V. de. 2007. “Los colores y las técnicas de la pintura mural maya”. En *Anales del Museo de América*, 55–66. Subdirección General de Documentación y Publicaciones.
- Aguilar, R., Ghilardi, A., Vega, E., Skutsch, M. y Oyama, K.. 2012. “Sprouting productivity and allometric relationships of two oak species managed for traditional charcoal making in central Mexico”. *biomass and bioenergy* 36: 192–207.
- Ahlborg, H., Ruiz-Mercado, I., Molander, S. y Masera, O. 2017. “Ecology and sociotechnical systems research-motivations for theoretical and methodological integration across fields”.
- Akpalu, W., Dasmani, I. y Aglobitse, P.B. 2011. “Demand for cooking fuels in a developing country: To what extent do taste and preferences matter?” *Energy Policy* 39 (10): 6525–6531.
- Altieri, M. 2009. “La agricultura moderna: impactos ecológicos y la posibilidad de una verdadera agricultura sustentable”. *University of California, Berkeley, Department of Environmental Science, Policy and Management. Berkeley, CA, USA*.
- Anderies, J. M. 2015. “Understanding the dynamics of sustainable social-ecological systems: human behavior, institutions, and regulatory feedback networks”. *Bulletin of mathematical biology* 77 (2): 259–280.
- Antal, M. J., y Grønli, M. 2003. “The art, science, and technology of charcoal production”. *Industrial & Engineering Chemistry Research* 42 (8): 1619–1640.
- Armendáriz, C., Edwards, R.M., Johnson, M. Zuk, M., Rojas, L., Díaz-Jiménez, R., Rojas-Rodríguez, O. y Masera, O. 2008. “Reduction in personal exposures to particulate matter and carbon monoxide as a result of the installation of a Patsari improved cook stove in Michoacan Mexico”. *Indoor air* 18 (2): 93–105.
- Arthur, W. B. 2009. *The nature of technology: What it is and how it evolves*. Simon and Schuster.
- Bailis, R., Rujanavech, C., Dwivedi, P., de Oliveira Vilela, A., Chang, H. y Carneiro de Miranda, R. 2013. “Innovation in charcoal production: A comparative life-cycle assessment of two kiln technologies in Brazil”. *Energy for sustainable development* 17 (2): 189–200.
- Berkes, F., Folke, C. y Gadgil, M. 1995. “Traditional ecological knowledge, biodiversity, resilience and sustainability”. En *Biodiversity conservation*, 281–299. Springer. [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-0277-3\\_15](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-0277-3_15).
- Bernard, H. R. 2006. *Métodos de investigación en antropología*. Altamira Press. Londres, Reino Unido.
- Caballero-Camacho, J. L. 2015. “Modelado de los patrones espacio-temporales de extracción de madera para producir carbón vegetal en la cuenca del Lago de Cuitzeo”. Maestría en Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Camou-Guerrero, A., Ghilardi, A., Mwampamba, T., Serrano-Medrano, M., Ortiz-Ávila, T. Vega, E., Oyama, K. y Masera, 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). <http://www.revista.inecc.gob.mx/article/view/237>.
- Castillo-Hernández, L. 2017. “Sinergias y Compensaciones entre servicios ecosistémicos múltiples: el caso de la ganadería y las plantas útiles en bosques de encino manejados para carbón vegetal”. Maestría en Ciencias Biológicas, Morelia, México: Universidad Nacional Autónoma de México.

- Cerutti, P. O., Sola, P., Chenevoy, A., Iiyama, M., Yila, J., Zhou, W., Djoudi, H., Eba'a Atyi, R., Jean Gautier, D. y Gumbo, D. 2015. "The socioeconomic and environmental impacts of wood energy value chains in Sub-Saharan Africa: a systematic map protocol". *Environmental Evidence* 4 (1): 12.
- Chauza López, Johanna, L. y Villa Villada., E.V. 2011. "Análisis de conglomerados comparando el coeficiente de similaridad de gower y el método análisis factorial múltiple para el tratamiento de tablas mixtas: Aplicado al diagnóstico del PDA para la caracterización de los municipios del Valle del Cauca [recurso electrónico]". Estadístico (Maestría en Ciencias), Universidad del Valle.
- Chidumayo, E. N. y Gumbo, D.J. 2013. "The environmental impacts of charcoal production in tropical ecosystems of the world: a synthesis". *Energy for Sustainable Development* 17 (2): 86–94.
- COFOM. 2015. "Inventario Estatal, Forestal y de Suelos Michoacán de Ocampo 2014". Morelia, México.
- CONAPO. 2016. "Encuesta Intercensal 2015". 2016. [www.conapo.gob.mx](http://www.conapo.gob.mx).
- Cooney, D. O. 2016. *Activated Charcoal: Antidote, Remedy and Health Aid*. TEACH Services, Inc.
- Corcuera, L.J., Camarero, J., Sisó J. y Gil-Pelegrín, E. 2006. "Radial-growth and wood-anatomical changes in overaged *Quercus pyrenaica* coppice stands: functional responses in a new Mediterranean landscape". *Trees* 20 (1): 91–98.
- Cornwall, W. 2017. *The burning question*. American Association for the Advancement of Science. <http://science.sciencemag.org/content/355/6320/18.summary>.
- Cortés, H. 2013. *Cartas de Relación, Informes al Emperador Carlos V sobre la conquista de México. Ordenanzas del Gobierno de la Nueva España*. Fundación José Antonio de Castro.
- de Molina, A. 1910. *Vocabulario en Lengua Castellana y Mexicana*. El Escritorio.
- Deza Rivasplata, J. y Delgado de la Flor Badaracco, F. 2018. "La domesticación de los Andes: Gestión agrícola prehispánica y su aporte al mundo".
- Díaz-Batalla, M., A. Asencios, D. Sifuentes-Yepes, y E. González-Mora. 2010. "El carbón vegetal: alternativa de energía y productos químicos". *Xilema* 23 (1): 95–103.
- Estevez, Rodrigo A., Squeo, F.A., Arancio, G. y Erazo, M.B. 2010. "Producción de carbón vegetal a partir de arbustos nativos en la Región de Atacama, Chile". *Gayana. Botánica* 67 (2): 213–222.
- FAO. 1985. *Industrial Charcoal Making*. Rome.
- . 2008. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Biocombustibles: perspectivas, riesgos y oportunidades*. Rome.
- . 2010. "Global Forest Resources Assessment 2010 Terms and Definitions". <http://www.fao.org/docrep/014/am665e/am665e00.pdf>.
- . 2015. *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2015*. Roma.
- . 2017. *The charcoal transition: greening the charcoal value chain to mitigate climate change and improve local livelihoods*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Flores Flores, Elías, R. y Quinteros Segovia, H.E. 2008. "Diseño de horno tipo retorta para fabricar carbón vegetal". Ingeniero Mecánico, El Salvador: Universidad Centroamericana.
- Florescano, E. 1996. "Mitos mexicanos". *Editorial Aguilar, México*.
- Franco Gaona, C., Cram-Heydrich, S., y Galicia, L. 2010. "Prácticas Agrícolas en Áreas Ejidales". En *Atlas de la Cuenca del lago Cuitzeo: un análisis de la geografía del lago y su entorno socioambiental*, 254–57. México: Instituto de Geografía-UNAM/Universidad Michoacana

de San Nicolás de Hidalgo.

- Galaz-Montero. 2004. "Caracterización del sistema de producción de carbón de espino Acacia caven (Mol.) Mol, en la comunidad de Pumanque VI Región". Ingeniero Forestal, Universidad de Chile.
- García-Frapolli, E., Toledo, V. y Martínez-Alier, J. 2008. "Apropiación de la naturaleza por una comunidad maya yucateca: un análisis económico-ecológico". *Revibec: revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica* 7: 027–42.
- Gower, J. C. 1967. "A comparison of some methods of cluster analysis". *Biometrics*, 623–637.
- Gutiérrez-Ruvalcaba, I.G. 2012. *Los cocineros del fuego: elaboración tradicional de carbón vegetal por la gente del bosque*.
- Iiyama, Miyuki, 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. 2008. "Censo Agropecuario 2007". 2008. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx).
- Jones, D., Ryan, M.C. y Fisher J. 2016. "Charcoal as a diversification strategy: the flexible role of charcoal production in the livelihoods of smallholders in central Mozambique". *Energy for Sustainable Development* 32: 14–21.
- Kalenda, M, Ngatia, J. P. Ng'oriareng, Simanto, O., y Oduor N. sin fecha. "Available Charcoal Production Technologies In Kenya". Kenia: UNDP & Kenya Forest Service.
- Kammen, D. M., y Lew, D.J. 2005. "Review of Technologies for the Production and Use of Charcoal". *Renewable and appropriate energy laboratory report* 1.
- Kees, S. M., Michela, J.F. y Skoko, J.J. sin fecha. "Rendimientos y costos de la fabricación de carbón elaborados por pequeños productores del oeste Chaqueño"
- Kenny, D. y Dolan, B. 2010. "Traditional charcoal making. Experimental Archaeology". *Experimental charcoal making* (blog). 2010. <http://charcoal.seandalaiocht.com/>.
- Labarta, R. A., Douglas S. W., y Scott M. S. 2008. "Does charcoal production slow agricultural expansion into the Peruvian Amazon rainforest?" *World Development* 36 (3): 527–540.
- Lamas-Rivero, G. 2015. "La producción de carbón vegetal. Un abordaje desde la etnoarqueología.", 31–66.
- Lehmann, Johannes, y Joseph, S. 2015. *Biochar for environmental management: science, technology and implementation*. Routledge.
- Liu, J., Dietz, T. Carpenter, S.T., Alberti, M., Folke, C., Moran, E. y Pell, A.N. *et al.* 2007. "Complexity of coupled human and natural systems". *science* 317 (5844): 1513–1516.
- López, E., Mendoza, M.E., y Bocco, G. 2010. "Cobertura Vegetal y Uso de Terreno Clima". En *Atlas de la Cuenca del lago Cuitzeo: un análisis de la geografía del lago y su entorno socioambiental*, 52–57. México: Instituto de Geografía-UNAM/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Macías-Goytia, A. 1991. "La metalurgia prehispánica. Materiales de la cuenca de Cuitzeo", 4, , 113–52.
- Masera, Coralli, F., García-Bustamante, C., Riegelhaupt, E., Arias-Chalico, T., Vega-Gregg, J., Díaz-Jiménez, R., Guerrero-Pacheco, G., y Cecotti, L. 2011. "La Bioenergía en México, situación actual y perspectivas". REMBIO.
- Masera, Omar R., Bailis, R., Drigo, R. Ghilardi, A. y Ruiz-Mercado, I. 2015. "Environmental burden of traditional bioenergy use". *Annual Review of Environment and Resources* 40: 121–150.
- Morales-Manilla, L.M. 2010. "Características Físicas". En *Atlas de la Cuenca del lago Cuitzeo: un análisis de la geografía del lago y su entorno socioambiental*, 18–21. México: Instituto de

Geografía-UNAM/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

- Mwampamba, T.H. 2007. "Has the woodfuel crisis returned? Urban charcoal consumption in Tanzania and its implications to present and future forest availability". *Energy Policy* 35 (8): 4221–4234.
- Mwampamba, T.H., Ghilardi, A., Sander, K. y Chaix, K.J. 2013. "Dispelling common misconceptions to improve attitudes and policy outlook on charcoal in developing countries". *Energy for Sustainable Development* 17 (2): 75–85.
- Mwampamba, T.H., Owen M., y Pigaht M.. 2013. "Opportunities, challenges and way forward for the charcoal briquette industry in Sub-Saharan Africa". *Energy for Sustainable Development* 17 (2): 158–170.
- Ndegwa, G. M., Nehren, U. Grüninger, Iiyama, F.M. y Anhuf, D. 2016. "Charcoal production through selective logging leads to degradation of dry woodlands: a case study from Mutomo District, Kenya". *Journal of Arid Land* 8 (4): 618–631.
- Nietschmann, B. 1992. *The interdependence of biological and cultural diversity*. Center for World Indigenous Studies.
- Ostrom, E. 2009. "A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems". *Science* 325 (5939): 419–422.
- Pennise, D. M., Smith, K.R., Kithinji, J.P., Rezende, M.E., Raad, T.J., Zhang, J. y Fan, C. 2001. "Emissions of greenhouse gases and other airborne pollutants from charcoal making in Kenya and Brazil". *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 106 (D20): 24143–24155.
- Pretty, J. 2011. "Interdisciplinary progress in approaches to address social-ecological and ecocultural systems". *Environmental Conservation* 38 (02): 127–139.
- Ramírez-Mejía, D., Gómez-Tagle, A. y Ghilardi, A. 2018. "Using aerial photography to estimate wood suitable for charcoal in managed oak forests". *Environmental Research Letters* 13 (2): 025006.
- RC Team, R. Core. 2014. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2013. ISBN 3-900051-07-0.
- Rogers, R. y Johnson, P.S. 1998. "Approaches to modeling natural regeneration in oak-dominated forests". *Forest Ecology and Management* 106 (1): 45–54.
- Rzedowski, J. 2010. "Flora de la Cuenca". En *Atlas de la Cuenca del lago Cuitzeo: un análisis de la geografía del lago y su entorno socioambiental*, 74–77. México: Instituto de Geografía-UNAM/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.
- Sahagún, Fray B. de. 2006. *Historia General de las Cosas de Nueva España*. Editorial Porrúa.
- Santos, M. J., Dekker, S.C., Daioglou, V., Braakhekke, M.C. y van Vuuren, D.P. 2017. "Modeling the effects of future growing demand for charcoal in the tropics". *Frontiers in Environmental Science* 5: 28.
- Santos-Fita, D., Naranjo Piñera, E.J. Bello Baltazar, E., Estrada Lugo, E., Mariaca Méndez, R. y Macario Mendoza, P.A. 2013. "La milpa comedero-trampa como una estrategia de cacería tradicional maya". *Estudios de cultura maya* 42 (42): 87–118.
- Scholz, E. 2001. "Elaboración de carbón vegetal en la comuna de San Juan de la Costa". *LIDER*, 9, 2111: 85–89.
- SEMARNAT. 2016. "Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2015".
- Serrano-Medrano, M., Arias-Chalico, T. Ghilardi, A. y Masera, O. 2014. "Spatial and temporal projection of fuelwood and charcoal consumption in Mexico". *Energy for Sustainable Development* 19: 39–46.
- Shively, G., P., Sserunkuuma, J.D., Arinaitwe, y Chibwana, C. 2010. "Profits and margins along

- Uganda's charcoal value chain". *International Forestry Review* 12 (3): 270–283.
- Smith, H. E., Eigenbrod, F., Kafumbata, D., Hudson, M.D. y Schreckenberg, K. 2015. "Criminals by necessity: the risky life of charcoal transporters in Malawi". *Forests, Trees and Livelihoods* 24 (4): 259–274.
- Toledo, V. M. 2001. "Indigenous peoples and biodiversity". *Encyclopedia of biodiversity* 3: 451–463.
- Toledo, V.M., y Barrera-Bassols, N. 2008. *La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Vol. 3. Icaria editorial. <https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=5LAJ8kp0BjUC&oi=fnd&pg=PA11&dq=la+memoria+biocultural+la+importancia+ecol%C3%B3gica+&ots=Fr8wVMM7Wp&sig=9N3Q1VXOPQ2r8DC9u32CGp0xac0>.
- Torres-Montes, L., y Franco-Velázquez, F. 1996. "La metalurgia tarasca". En *Temas mesoamericanos*, 71–110. Instituto Nacional de Antropología E Historia.
- Tuirán, R. y Luiscoaut Ávila, J. 2002. *Índice de intensidad migratoria México-Estados Unidos, 2000*. C/304.873072 T8/2000.
- UNESCO. 2014. "Charcoal Burner's Craft and Tar Distillery". *German Commission for UNESCO* (blog). 2014. <http://www.unesco.de/en/kultur/immaterielles-kulturerbe/german-inventory/inscription/charcoal-burners-craft-and-tar-distillery.html>.
- Valbuena-Carabaña, M., y L. Gil. 2013. "Genetic resilience in a historically profited root sprouting oak (*Quercus pyrenaica* Willd.) at its southern boundary". *Tree genetics & genomes* 9 (5): 1129–1142.
- . 2017. "Centenary coppicing maintains high levels of genetic diversity in a root resprouting oak (*Quercus pyrenaica* Willd.)". *Tree Genetics & Genomes* 13 (1): 28.
- Valbuena-Carabaña, M., S. C. González-Martínez, y L. Gil. 2008. "Coppice forests and genetic diversity: A case study in *Quercus pyrenaica* Willd. from Central Spain". *Forest Ecology and Management* 254 (2): 225–232.
- Valencia, A. 2004. "Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México". *Boletín de la sociedad Botánica de México*, núm. 75.
- Valladas, H., Jean Clottes, J.-M. Geneste, M. A. Garcia, M. A. H. Cachier, y N. Tisnérat-Laborde. 2001. "Palaeolithic paintings: evolution of prehistoric cave art". *Nature* 413 (6855): 479.
- Vallejo-Ramos, M., A. I. Moreno-Calles, y A. Casas. 2016. "TEK and biodiversity management in agroforestry systems of different socio-ecological contexts of the Tehuacán Valley". *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 12 (1): 31.
- Vidal-Zepeda, R. 2010. "Clima". En *Atlas de la Cuenca del lago Cuitzeo: un análisis de la geografía del lago y su entorno socioambiental*, 22–25. México: Instituto de Geografía-UNAM/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Zulu, L. C., y R. B. Richardson. 2013. "Charcoal, livelihoods, and poverty reduction: Evidence from sub-Saharan Africa". *Energy for Sustainable Development* 17 (2): 127–137.

#### PÁGINAS DE INTERNET

- <http://ecofuelafrica.blogspot.mx/>.
- [www.mgafrica.com/article/2014-10-14-africa-must-reform-energy-sector-to-boost-growth-ia](http://www.mgafrica.com/article/2014-10-14-africa-must-reform-energy-sector-to-boost-growth-ia)
- [www.nytimes.com/2014/09/28/magazine/who-made-that-charcoal-briquette.html](http://www.nytimes.com/2014/09/28/magazine/who-made-that-charcoal-briquette.html)
- [http://www.sat.gob.mx/informacion\\_fiscal/tablas\\_indicadores/paginas/salarios\\_minimos.asp](http://www.sat.gob.mx/informacion_fiscal/tablas_indicadores/paginas/salarios_minimos.asp)



## X. ANEXOS

### 10.1 Formato de entrevista semiestructurada

Entrevistador: \_\_\_\_\_ Escritor: \_\_\_\_\_ Género (entrevistado) \_\_\_\_\_  
Hora inicio: \_\_\_\_\_ Hora fin: \_\_\_\_\_ Personas Presentes: \_\_\_\_\_  
Fecha \_\_\_\_\_ Número de entrevista del día \_\_\_\_\_ Registro único \_\_\_\_\_  
Número de Personas que se negaron a responder la entrevista: \_\_\_\_\_

LOCALIDAD \_\_\_\_\_ Tipo de Lugar: \_\_\_\_\_

Latitud: \_\_\_\_\_ Longitud: \_\_\_\_\_

#### PRESENTACIÓN:

Buenos días/tardes mi nombres es \_\_\_\_, venimos por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México y estamos haciendo una investigación sobre la producción de carbón vegetal en la Cuenca de Cuitzeo.

- ASEGURAR ANONIMATO, LO QUE SABE ES IMPORTANTE PARA NOSOTROS
- LA ENTREVISTA DURA UN POCO MÁS DE MEDIA HORA
- EN CUALQUIER MOMENTO PODEMOS PARAR
- SI NO QUIERE RESPONDER ALGUNA PREGUNTA NO HAY NINGÚN PROBLEMA
- PUEDE PREGUNTARME CUALQUIER DUDA A LO LARGO DE LA ENTREVISTA

#### PROCESO TÉCNICO, A) Experiencia y Frecuencia de producción

- 1) ¿Cuántos **años** lleva haciendo hornos de carbón? \_\_\_\_\_ años
- 2) ¿Quién le enseñó a hacer hornos de carbón? \_\_\_\_\_
- 3) ¿Hace el horno de la misma manera en la que le enseñaron?

**Sí: pase 5)**

**No: pase a 4)**

- 4) ¿Qué ha cambiado y por qué?

- 5) ¿En promedio, cuántos hornos construye cada mes?

ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic

- 6) ¿Construye más hornos en alguna temporada del año? **¿Por qué?**

**Sí**

**No**

(Lluvias/Secas) \_\_\_\_\_

- 7) ¿Desde que comenzó a hacer carbón, en qué lugares lo ha hecho? **LLENAR EN TABLA 8)**
- 8) ¿Notó algún cambio en cómo hacían el carbón en cada uno de los lugares en los que ha trabajado **SEGÚN RESPUESTA ANTERIOR? Sí ¿Qué tipo de cambio?**

LUGAR	¿Notó algún cambio?		Tipo de Cambio
	SÍ	NO	
	SÍ	NO	
	SÍ	NO	
	SÍ	NO	
	SÍ	NO	
	SÍ	NO	

- 9) ¿Producía la misma cantidad de hornos al mes en todos los lugares donde ha trabajado? ¿Por qué?

Sí	No	¿Por qué? _____
----	----	-----------------

- 10) Del **último** horno que sacó, cuántos costales:

Preguntas	No. De costales
Obtiene en total	
Vende en total al intermediario	
Usa para su casa	
Le llegan a robar	
Se le queman ya en el costal	
No puede vender	
Le quedan patas	

- 11) Considera que fue un horno promedio, más grande o más pequeño de lo normal para usted?

Más pequeño	Promedio	Más grande
-------------	----------	------------

**PROCESO TÉCNICO, B) Conocimiento y Perspectiva**

- 12) ¿Hace el horno de manera distinta a otros productores que conoce?

Sí pase a 13)	No pase a 14)	No sabe
---------------	---------------	---------

- Prende el horno por **arriba** \_\_\_\_\_ o por **abajo** \_\_\_\_\_

13) ¿Cuál es la diferencia en la manera en la que hacen los hornos?

14) ¿A su ver; cómo es su manera de hacer hornos de carbón en comparación a los otros productores?

<b>PEOR</b>	<b>IGUAL</b>	<b>MEJOR</b>
-------------	--------------	--------------

15) ¿Cómo sabe que su horno salió bien (**sale mucho carbón, carbón pesado**)? ¿Cómo calcula cuánta carbón debe de obtener?

16) ¿Podría hacer una lista de lo **más** importante a lo **menos** importante que uno necesita para hacer un horno lo mejor posible? **MANTENER EL ORDEN DE LAS RESPUESTAS** (listado libre)

#	FACTOR	#	FACTOR
1		5	
2		6	
3		7	
4		8	

17) ¿Cuál considera que es el mejor tipo de tierra para hacer carbón?

<b>Negra</b>	<b>Roja</b>	<b>Amarilla</b>	<b>No sé</b>	<b>Otra:</b>
--------------	-------------	-----------------	--------------	--------------

**ECONOMÍA DE PRODUCTORES, C) Familiar**

18) ¿Hacer carbón es su **principal** trabajo?

<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Por temporadas</b>
-----------	-----------	-----------------------

19) ¿Aparte de hacer carbón, tiene usted otros trabajos? **SÍ** ¿Cuáles?

<b>Sí</b>	<b>No</b>
-----------	-----------

20) ¿De los diferentes trabajos que hace, cuál es el que haría siempre, de darse la oportunidad?

21) ¿Alguna vez ha tenido que irse de su comunidad por falta de trabajo? **Sí** ¿A dónde (Morelia, EUA)?

<b>Sí</b>	<b>No</b>	¿A dónde? _____
-----------	-----------	-----------------

22) ¿De sus hermanos y hermanas, alguno de ellos ha tenido que irse por falta de trabajo? Sí ¿A dónde?

No. De hermanos \_\_\_\_ Total: \_\_\_\_ ¿A dónde? \_\_\_\_\_

No. De hermanas \_\_\_\_ Total: \_\_\_\_ ¿A dónde? \_\_\_\_\_

23) ¿A cuántos familiares mantiene o apoya con su trabajo como productor?

No. Personas: \_\_\_\_\_ (contándolo a él)

24) ¿Alguien de la familia le ayuda a trabajar (no pagado) para hacer un horno? Sí ¿Qué relación de parentesco tienen con usted?

Sí	No
----	----

No. Personas: \_\_\_\_\_

¿Quiénes?: \_\_\_\_\_

**ECONOMÍA DE PRODUCTORES, C) Comunidad**

25) ¿En promedio, cuántos personas que hacen carbón hay en las diferentes localidades donde ha trabajado (nombre del lugares – ver 8 –)? **RESPONDER EN TABLA**

26) ¿Para cuántos que hacen carbón, hacer carbón es su principal trabajo? **RESPONDER EN TABLA**

LUGAR	No. Productores	No. Que Principal trabajo: carbón

27) ¿Para aquellos que hacen carbón y este no es su único trabajo, qué otros trabajos hacen?

		No sabe

**MARCO INSTITUCIONAL ENTRE PRODUCTORES, F) Acuerdos**

**TODOS (Dueños y no dueños)**

28) Trabaja en uno o más lugares?

29) ¿Usted es dueño del terreno donde hace el carbón?

Sí	<b>Trabajo en mi terreno y en otros</b>	No
----	-----------------------------------------	----

30) ¿En promedio, cuál es el área total de terreno del dueño con el que trabaja?

No sabe	_____ ha	o	_____ m <sup>2</sup>
---------	----------	---	----------------------

31) ¿En promedio, cuál es el área (en m<sup>2</sup>) del predio que usted necesita para un horno?

No sabe	_____ ha	o	_____ m <sup>2</sup>
---------	----------	---	----------------------

32) ¿Alrededor de cuántos años deja pasar para volver a cortar un árbol?

No sabe	_____ años
---------	------------

33) ¿Cuántos hornos se hacen en su predio al año? \_\_\_\_\_ hornos

34) ¿Cuál considera usted que es el mejor grosor de la madera para meter al horno?

No sabe	_____ cm
---------	----------

35) ¿Utiliza motosierra para cortar la madera? ¿Qué tan seguido al mes? ¿Cuánto gasta de líquidos (aceite y gasolina) **POR HORNO?**

Sí	No	Veces al mes: _____
		aceite y gasolina \$ _____

36) ¿Cuál es el trato que tiene con la persona a quien le venden el carbón? (le pide una cantidad fija de carbón / usted pone un límite)

<b>Cantidad Fija de Carbón que se acordó comprar</b>	<b>Precio Fijo de Carbón y compra todo lo que se obtiene</b>
Ambos	¿Otro?:

37) ¿Existe un precio estándar del carbón, o varía? **SÍ** ¿En qué varía? ¿Cuál es el precio? ¿Cuánto dinero le dan directamente por kg. de carbón que saca?

Sí	
----	--

<b>Precio Estándar</b>	<b>Varía</b>	_____
		_____

Precio al que el intermediario paga: \$ \_\_\_\_\_

Dinero dado al productor por kg de carbón: \$ \_\_\_\_\_

38) ¿Trabaja en pareja para hacer un horno?

<b>Sí: Pase a 39)</b>	<b>No: Pase a 40)</b>
-----------------------	-----------------------

39) ¿Cómo se dividen las ganancias?

40) ¿Cuántos días tardan en pagarle por el carbón que saca? \_\_\_\_\_ días

41) ¿Cuántas personas también hacen carbón en el mismo terreno que usted?

<b>No sabe</b>
----------------

 \_\_\_\_\_ (poner el número contándolo a él)

42) ¿En promedio, cuánto tiempo dura el trato con el dueño del terreno? \_\_\_\_\_ meses \_\_\_\_\_ años

43) ¿De qué manera le pagan al dueño de la madera?

- \$ de renta al año \$ \_\_\_\_\_
- % según lo que se saque de madera \_\_\_\_\_ %
- \$ fijo por cada horno \$ \_\_\_\_\_
- \$ por kilo que paga el intermediario \_\_\_\_\_ \$ por kilo que recibe directamente \_\_\_\_\_
- No le retribuyen, les pagan directo por el carbón \$ \_\_\_\_\_

44) ¿En este predio en el que trabaja, hay otras personas que usan el predio para otros fines (ganadería, plantas medicinales, sembrar)? Sí ¿Quiénes? pase a 45) No pase a 46)

<b>Sí</b>	<b>No</b>
-----------	-----------

 ¿Quiénes? \_\_\_\_\_

45) ¿Usted tiene algún acuerdo con ellos? Sí ¿Qué tipo de acuerdo?

<b>Sí</b>	<b>No</b>
-----------	-----------

 \_\_\_\_\_

46) ¿Cómo debe de entregar el terreno una vez terminado el contrato (proporción de árboles, edad de árboles, tipo de árboles)?

Si es dueño, pasar a 57), No es dueño pasar a 47)

**NO DUEÑOS**

47) ¿Tienes usted algún terreno aparte de donde vive? ¿Para que lo ocupa?

<b>Sí, es propiedad privada</b>	<b>Sí, es ejidatario</b>	<b>No</b>
---------------------------------	--------------------------	-----------

<b>Sembrar</b>	<b>Ganado</b>	<b>No lo usa</b>	<b>Ocasionalmente carbón</b>	<b>Otro:</b>
----------------	---------------	------------------	------------------------------	--------------

48) ¿Hay un límite en la cantidad de hornos que puede hacer al mes? **Sí** ¿Por qué?

<b>Sí</b>	<b>No</b>
-----------	-----------

49) ¿Tiene algún tipo de acuerdo con los otros trabajadores ¿Sí ¿De qué tipo?

<b>Sí</b>	<b>No</b>	_____
		_____

50) Usted tiene un acuerdo directo con el **dueño**, con **otro productor** o **ambos**

<b>DUEÑO</b> <b>Pase a 51)</b>	<b>PRODUCTOR</b> <b>Pase a 53)</b>	<b>AMBOS</b> <b>Pase a 51)</b>
-----------------------------------	---------------------------------------	-----------------------------------

**NO DUEÑOS: PRODUCTOR-DUEÑO**

51) ¿Cada productor tiene un trato directo con el dueño o sólo usted?

<b>Sólo él</b> <b>PASE A 52)</b>	<b>Cada uno por separado PASE</b> <b>A 53) o 60)</b>	<b>Sólo él y no sabe de los otros</b> <b>PASE A 53) o 60)</b>
<b>Sólo un productor (no él) PASE A 53) o 60)</b>		

52) ¿Usted decide cuánta más gente trabaja haciendo hornos? **Sí ¿Cómo? PASE A 53) o 60)**

<b>Sí</b>	<b>No</b>	_____
		_____

**NO DUEÑOS: PRODUCTOR-PRODUCTOR**

53) ¿Cuál es el acuerdo que tiene con el productor que maneja el terreno (**cuanto le pagan y cómo, reglas**)?

54) ¿Tiene algún trato con los otros productores con los que trabaja? ¿Qué tipo de acuerdos?

<b>Sí</b>	<b>No</b>	_____
		_____

55) ¿Trabaja con otros productores que manejan un terreno?

<b>Sí: Pase a 56)</b>	<b>No: Pase a 60)</b>
-----------------------	-----------------------

56) ¿Las reglas son las mismas entre los distintos productores que maneja el predio Sí, ¿Qué cambios notó? (si nos puede dar información para contactarlo)?

<b>Sí</b>	<b>No</b>	¿Qué cambios? _____
-----------	-----------	---------------------

\_\_\_\_\_

**DUEÑO**

57) Su terreno es:

<b>Ejido</b>	<b>Comunal</b>	<b>Propiedad Privada</b>
--------------	----------------	--------------------------

58) ¿Sus trabajadores usan motosierra?

<b>Sí, siempre</b>	<b>Sí, algunas veces</b>	<b>No sé</b>	<b>No</b>
--------------------	--------------------------	--------------	-----------

59) ¿En promedio, cuánto tiempo en meses dura el trato con sus trabajadores?  
\_\_\_\_\_ meses

**ECONOMIA, E) Abastecimiento**

60) ¿Sabe usted a dónde va su carbón y quien lo utiliza? Sí ¿Quién y a dónde?

<b>Sí sabe</b>	<b>No sabe</b>	¿Quién? _____
		¿A dónde? _____

**MARCO LEGAL, G) Consecuencia de la ilegalidad**

61) ¿Ha tenido algún problema con el gobierno en relación a su trabajo de hacer carbón? Sí  
¿Cuál?

<b>Sí</b>	<b>No</b>	_____
-----------	-----------	-------

62) ¿Utiliza alguna medida para evitar problemas con el gobierno por hacer carbón? Sí ¿Cuál?

<b>Sí</b>	<b>No</b>	¿Cuál? _____
-----------	-----------	--------------



63) ¿Usa perros para su protección? (**por qué, cuántos, cuánto le cuesta al mes**)

Sí	No	_____
----	----	-------

\$ al mes \_\_\_\_\_

64) ¿Conoce las reglas del gobierno en torno a la producción de carbón? **Sí** pase a **65)** **No** pase a **67)**

<b>Sí sabe</b>	<b>No sabe</b>
----------------	----------------

65) ¿Cuáles son esas reglas?

<b>No sabe</b>
----------------

66) ¿Cómo se enteró las reglas (**según respuesta anterior**)?

<b>No sabe</b>
----------------

67) ¿Sabe usted, cuál es el interés del gobierno por controlar la producción de carbón?

<b>No sabe</b>
----------------

68) ¿Qué impide cumplir con las reglas que tiene el gobierno para producir carbón vegetal?

<b>No sabe</b>
----------------

69) ¿Qué habría que hacer para que la producción de carbón cumpla los requisitos?

<b>No sabe</b>
----------------

70) ¿Qué pasaría si el carbón que producen cumpliera todas las reglas? ¿Qué cambiaría respecto a cómo trabajan ahora? (**en cuestión de dinero, seguridad**)

<b>No sabe</b>
----------------

71) Para usted, cuál sería la manera perfecta de producir carbón?

<b>No sabe</b>
----------------

72) ¿Conoce algún otro productor que esté dispuesto a responder el cuestionario?

73) ¿Tiene usted alguna pregunta? ¿Quisiera agregar algo?

74) ¿En qué localidad *vive*? \_\_\_\_\_

75) ¿Cuál es su nombre? \_\_\_\_\_

76) ¿Cuál es su edad? \_\_\_\_\_

***MUCHAS GRACIAS POR SU TIEMPO, SUS RESPUESTAS SERÁN DE GRAN AYUDA PARA***

***NUESTRO TRABAJO:***

Número de Preguntas en la entrevista que no quisieron contestar: \_\_\_\_\_ (MARCARLAS CON  
UN ASTERISCO)

**NIVEL de CONFIANZA en las respuestas:**

BAJO --- MEDIO --- ALTO

## **10.2 Planeación de Taller con productores en localidad “D”**

### **REGISTRO (30min) 9:00-10:00**

- a) Registro (recibir número de rifa)
- b) Pan y café

**MATERIALES:** Formato de registro, etiquetas, pluma, **números de rifa**, caja de flores

### **PRESENTACIÓN 10:00-10:10**

- a) Presentación personal de nosotros

### **INTRODUCCIÓN: Antecedentes y Objetivos del taller 40 minutos (20min preguntas)** **Tuyeni 10:10-11:00**

- Producción de carbón vegetal (CV) en México y otras partes del mundo (diferentes tipos de hornos, vincularlo al trabajo de Lucía)
- En México: ¿De dónde viene este carbón? (Bosques pino-encino, mezquitales, Cuenca Cuitzeo).
- Empresas produciendo CV y ejemplos de comunidades que controlan la cadena completa productiva
- Aumento en la demanda a nivel mundial y en México
- Preocupación del gobierno, ambientalistas y muchos académicos de mantener los bosques y satisfacer la demanda
- ¿Cómo se va satisfacer esta demanda?
- Planes de manejo sustentables (Oaxaca)
- Objetivos del taller

**MATERIALES:** Proyector, lona, extensión, cuerdas para colgar lona, presentación (USB)

### **ROMPE HIELOS 11:00 – 11:20 (20 minutos)**

- b) Presentación personal de nosotros
- c) Juego de dónde vienen, dónde fue su primer beso, etc.
- d) Pan dulce y café de olla

**MATERIALES:** letreros con nombre de las localidades

### **ACTIVIDAD UNO: Introducción a sustentabilidad (20 minutos) 11:20: 11:40**

**Paso 1: Plenaria: Hemos presentado la pregunta grande que le preocupa al gobierno...**

**Paso 2:** ¿Será posible seguir produciendo CV en esta zona por los próximos 5 años?

¿Será posible seguir produciendo CV en esta zona por los próximos 10 años?

¿Será posible seguir produciendo CV en esta zona por los próximos 20 años?

**Identificar los siguientes grupos que se formen.**

**Paso 3:** Dividir los grupos en mesas de trabajo según sus respuestas, no más de 5 personas por mesa.

**MATERIALES:** tarjetas que dice: NO 5, NO 10, NO 20;

### **ACTIVIDAD DOS: (30 min) mesas de trabajo 11:40-12:10**

**Paso 1:** Confirmar el trabajo que les toca (somos el grupo que dijo que en 10 años no va a ser posible producir carbón.....).

**Paso 2:** Asegurar que todos en el grupo se conozcan (nombre y de dónde vienen).

**Paso 3:** ¿Por qué pensamos que en X años NO/SÍ será posible la producción de carbón?

**Paso 4:** Poner en cada tarjeta una razón única mientras se escucha la discusión.

**IMPORTANTE:** Ser insistente en no salirse del tema, asegurarse que apuntas todo. No dirigir la discusión.

#### **PREGUNTAS GUÍA:**

- **Para mesas trabajando con NO se va mantener**
  - ¿Qué condición actual va a cambiar en 5/10/20 años que NO va a permitir la producción de CV?
  - ¿Qué condición actual está cambiando que en 5/10/20 años NO va a permitir la producción de CV?
  
- **Para mesas trabajando con SÍ se va mantener**
  - ¿Qué condiciones se necesitan para permitir que SÍ continúe la producción de CV?

**Paso 5:** Colgar las tarjetas después de repetir lo que se dice en los rotafolios. Dar oportunidad que todos contribuyan a la discusión, que nadie domine.

**Paso 6:** Ponerle título al rotafolio: Actividad DOS, GRUPO (sí/no, x tiempo). Tomar una foto del rotafolio

**MATERIALES:** Rotafolios, plumones de colores, maskin, tarjetas de colores, cámara/celular, (se usan dos colores para NO y Sí respectivamente).

### **ACTIVIDAD TRES: EN PLENARIA (40min) 12:10-12:50**

**PASO 1:** Los moderadores exponen el trabajo del grupo (3 minutos), y dan un pequeño resumen de la esencia de la discusión.

NOTA: Se les avisa que en el próximo trabajo de grupo, uno de los productores va a exponer.

**PASO 2:** Se abre una discusión. Ricardo y Lucía, toman notas específicas de la discusión plenaria en rotafolios.

### **RECESO (30 min) 12:50- 13:20**

**MATERIALES:** café, agua de sabor, fruta, galletas

**MODERADORES:** Se clasifican las cartas según: ecológicas, sociales y económicas

**ACTIVIDAD CUATRO: (60min) 13:20-14:20**

**PASO 1:** Se forman 8 grupos nuevos divididos por categorías de respuesta y cada grupo va a discutir en profundidad ese tema.

**PASO 2: En plenaria:** Instructivo de que se va hacer en grupos con ejemplos específicos.

**PASO 3:** Asegurarse que todos se conozcan (nombres y de dónde vienen).

**PASO 4:** Dejar el claro en el grupo el tema que se va a discutir. Asegurarse que todos los participantes tienen un entendimiento común.

**PREGUNTAS GUÍA:**

- ¿Qué entendemos por esta categoría?
- ¿En qué consiste esta categoría?

**PASO 5: MODERADOR:** En un rotafolio con título: Actividad 4, Definición del tema, escribir la definición de la categoría. Tomar foto al rotafolio.

**PASO 6:** Para cada componente de la categoría discutir:

**NOTA:** Discutir cada tema por separado.

- ¿Cómo se puede averiguar si la situación existe o no (antes, durante y después)?
- ¿Cómo se podría medir esta situación?
- ¿Qué considerarían un nivel aceptable o no aceptable de esta situación (alto, medio, bajo de la categoría)?

**PASO 7:** En la matriz escribir cada respuesta y ubicarla. Escribir cada respuesta: a), b) y c) en un rotafolio distinto. Tomar foto a los rotafolios.

**PASO 8:** Tomar foto del rotafolio y la matriz.

**MATERIALES:** Rotafolios, tarjetas de colores, plumones de colores, maskin, formato de respuesta, cámara/celular.

**#Grupo y Categoría/Tema**

SUBTEMA	DEFINICIÓN	a) ¿cómo averiguarlo?	b) ¿Cómo medirlo?	c) ¿Cuál es un nivel aceptable?

**ACTIVIDAD CINCO: Visita al museo 14:20-14:40 (20 minutos)**

**Paso 1: Plenaria:** Cada grupo presenta su trabajo, todos los demás se mueven a la mesa que está presentando sus resultados.

**CONCLUSIÓN (15 min) 14:40-14:55**

**Paso 1:** Se presentarán las conclusiones generales de la actividad.

### **EVALUACIÓN DEL TALLER (10 min) 14:55-15:05**

**Paso 1:** Cada productor en su folder tiene estampas de colores, las verdes significan muy positivo, las amarillas medianamente positivo y las rojas negativo. Los productores pegarán la estampa del color que ellos consideren en los siguientes rotafolios

### 10.3: Planeación de Taller en localidad “P”

FACILITADOR: \_\_\_\_\_

#### REGISTRO 9:00 a 10:30

#### INTRODUCCIÓN 10:30 a 10:50

- Bienvenida, agradecimientos
- Es un combustible a nivel grande en el país, Michoacán es un productor importante, pero hay otros (Durango), el gobierno tiene la presión de bajar los combustibles fósiles que utilizamos y quizás el CV sea una alternativa.
- Nosotros trabajamos varios aspectos de CV en esta zona gracias a la información que han compartido con nosotros
- Contar el trabajo que vamos a hacer el día de hoy
- ❖ No hay preguntas correctas o incorrectas, lo importantes es tener su opinión.
- ❖ Vamos a estar ayudando a varios a escribir sus respuestas en papel
- ❖ Nos interesa compartir la opinión de todos, por lo que les pedimos que no dominen la conversación ni no participen. Es una oportunidad para escuchar a otras personas

#### ACTIVIDAD INDIVIDUAL 10:50 a 11:20

1. **¿Qué es necesario para seguir produciendo CV en los próximos 30 a 50 años?**
  - Se entregan los sobres y deben de poner una idea en cada sobre de ¿por qué?

#### ACTIVIDAD GRUPAL A 11:20 a 11:50

1. Formación de 5 grupos según lugar de origen y tipo de producción (colores de estampas).
2. Presentar el grupo:

ZONA \_\_\_\_\_

NÚMERO DE PERSONAS \_\_\_\_\_

NOMBRES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. **¿Qué árboles dominan en los montes de esta zona en que trabajan?**

- Pino-encino
- Pino
- Encino-pino
- Encino

4. ¿Qué tipo de tenencia (propiedad) hay en la zona donde trabajan el CV?

- Ejido
- Propiedad privada
- Comunidad
- Otro: \_\_\_\_\_

5. ¿Desde cuándo empezaron a producir CV en la zona? (Aterrizar a la zona de la mesa)  
Indagar sobre la historia de producción

Años que se lleva produciendo \_\_\_\_\_

- Recientemente (menos de 5 años)
- De 5 a 10 años
- De 10 a 20 años
- De 20 a 50 años
- Ha sido una actividad desde siempre
- No sé

NOTAS:

6. ¿Cuántas personas se dedican a la elaboración de CV “EN ESTA ZONA”?

- Menos del 5%
- Entre el 5% y 10%
- Entre el 10% y 30%
- Casi la mitad
- La mayoría
- Prácticamente todos

ZONA	# Productores	Población



7. ¿Cuántas personas se dedican a la elaboración de CV en la localidad donde vive?

- Menos del 5%
- Entre el 5% y 10%
- Entre el 10% y 30%
- Casi la mitad
- La mayoría
- Prácticamente todos

LOCALIDAD	# Productores	Población

**ACTIVIDAD GRUPAL B 11:50 a 12:20**

1. ¿Ustedes piensan que la producción de CV de esta zona puede durar por siempre?

- Sí;      Número de personas: \_\_\_\_\_
- No;      Número de personas: \_\_\_\_\_
- Tal vez;      Número de personas: \_\_\_\_\_

NOTAS:

2. Razones/DISCUSIÓN ¿ Por qué? La tabla se debe de llenar por etapas

SÍ	NO	TAL VEZ

3. Después de esta discusión ¿Ustedes piensan que la producción de CV de esta zona puede durar por siempre?

- Sí;      Número de personas: \_\_\_\_\_
- No;      Número de personas: \_\_\_\_\_
- Tal vez;      Número de personas: \_\_\_\_\_

NOTAS:

**ACTIVIDAD GRUPAL C 12:20 a 12:40**

1. Como productores de CV ¿qué prácticas tenemos ahora que nos van a permitir siempre seguir produciendo CV?

2. Como productores de CV qué prácticas tenemos ahora que nos pueden impedir seguir produciendo CV?

**ACTIVIDAD DISCUSIÓN EN PLENARIA 12:20 a las 13:00**

1. Un facilitador del grupo presenta los resultados del ACTIVIDAD GRUPAL A y se lanza una interacción entre todos los grupos

**NOTAS:**

2. Un facilitador del grupo presenta los resultados del ACTIVIDAD GRUPAL B y se lanza una interacción entre todos los grupos

**NOTAS:**

3. Un facilitador del grupo presenta los resultados del ACTIVIDAD GRUPAL C y se lanza una interacción entre todos los grupos

**NOTAS:**

#### 10.4: Formato para pesado de madera

Productor:  
Identificación del Horno:  
Latitud:  
Longitud:

Escritor:  
Pesadores:  
Fecha de prendido del horno:  
**PESO COSTAL:**  
Tipo de tierra: Negra/Roja/Amarilla

Fecha de pesado	Fecha de Tala	Especie	Kg	Fecha de pesado	Fecha de tala	Especie	Kg

## 10.5 Variables de prácticas de producción por productor.

**Tabla X:** Variables sobre prácticas de producción según cada productor estudiado

Grupo	Productor	Temporada	Días de secado	Biomasa pesada	Biomasa seca	Eficiencia	Carbón
Verde	P11	secas	8.00	10753.29	6428.00	31.00	2000.00
		secas	5.00	12513.40	7378.00	17.00	1280.00
Rojo	P2	lluvias	8.00	8468.93	5030.00	30.00	1512.00
		lluvias	10.00	8012.55	4786.00	29.00	1369.00
		secas	15.00	6331.63	3895.00	NA	NA
		secas	NA	5217.32	NA	NA	NA
		secas	6.00	9930.50	5895.00	43.00	2507.00
		secas	30.00	8542.00	5419.00	29.00	1583.00
		lluvias	5.00	7303.00	4278.00	30.00	1292.00
Rojo	P25	secas	12.00	6667.00	4043.17	33.00	1353.00
		secas	1.00	6817.50	3815.51	31.00	1172.00
		lluvias	1.00	2887.00	1564.00	32.00	500.00
		secas	7.00	3047.00	1817.00	28.00	518.00
Verde	P26	secas	9.00	2923.50	1776.00	24.00	420.00
		secas	10.00	4563.60	2749.84	23.00	624.00
		secas	10.00	6464.40	3918.99	43.00	1688.00
Verde	P38	secas	21.00	4355.50	2717.90	28.00	765.00
		secas	18.00	4192.00	2594.57	36.00	928.00
		secas	13.00	3520.50	2154.39	10.00	215.00
Verde	P8	secas	20.00	11094.87	6922.00	24.00	1669.00
Verde	P9	lluvias	22.00	6270.71	3915.00	31.00	1207.00
		lluvias	20.00	6464.20	3908.00	23.00	894.00
		secas	6.00	9738.90	5775.00	17.00	1000.00
		secas	30.00	13140.70	8336.38	32.00	2685.00

“Grupo” corresponde al conjunto al que perteneció cada productor en el PCA, utilizando los mismos colores que en el análisis. En gris están marcadas las medidas utilizadas en la prueba de Friedman.