



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

## DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS

### IMPACTO DE LA CERTIFICACIÓN DEL FOREST STEWARDSHIP COUNCIL EN EL DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE DE OAXACA

#### TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

**DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA**

PRESENTA

PABLO ESPINOZA ZÚÑIGA

BAJO LA SUPERVISIÓN DE:

DR. JUAN ANTONIO LEOS RODRÍGUEZ



**APROBADA**



*Chapingo, Estado de México, mayo del 2023*



**IMPACTO DE LA CERTIFICACIÓN DEL FOREST STEWARDSHIP  
COUNCIL EN EL DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE DE  
OAXACA**

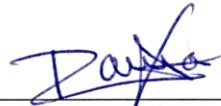
Tesis realizada por **Pablo Espinoza Zúñiga**, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA**

DIRECTOR:

  
Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez

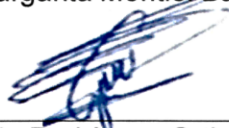
ASESOR:

  
Dr. Ramon Valdivia Alcalá

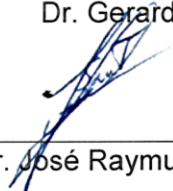
ASESOR:

  
Dra. Blanca Margarita Montiel Batalla

ASESOR:

  
Dr. Gerardo Rodríguez Ortiz

LECTOR EXTERNO:

  
Dr. José Raymundo Enríquez del Valle

## CONTENIDO

| Capítulo                                                                                      | Página |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....                                                                  | 1      |
| 1.1 Planteamiento del problema .....                                                          | 2      |
| 1.2 Preguntas de investigación.....                                                           | 3      |
| 1.3 Objetivo general.....                                                                     | 3      |
| 1.4 Objetivos específicos.....                                                                | 3      |
| 1.5 Hipótesis.....                                                                            | 4      |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA .....                                                              | 5      |
| 2.1 La certificación en el manejo forestal sostenible.....                                    | 5      |
| 2.1.1 Inicios y causas del nacimiento de la certificación forestal.....                       | 6      |
| 2.1.2 Concepto de certificación forestal .....                                                | 7      |
| 2.2 México y la certificación en el manejo sostenible de los bosques .....                    | 8      |
| 2.2.1 Impactos económicos, sociales y ambientales de la certificación forestal en México..... | 9      |
| 2.2.2 Retos y situación actual de la certificación forestal en México .....                   | 11     |
| 2.2.3 Certificación forestal en el estado de Oaxaca .....                                     | 12     |
| 2.3 El desafío de medir los impactos de la certificación forestal.....                        | 13     |
| 2.3.1 ¿Cómo mejorar la investigación sobre los impactos de la certificación forestal? .....   | 14     |
| 2.4 Bibliografía.....                                                                         | 14     |

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| III. CARBONO ESTRUCTURAL Y COMPARTIMENTOS EN BOSQUES<br>CERTIFICADOS POR EL FOREST STEWARDSHIP COUNCIL, EN OAXACA,<br>MÉXICO ..... | 20 |
| 3.1 Resumen .....                                                                                                                  | 21 |
| 3.2 Abstract.....                                                                                                                  | 22 |
| 3.3 Introduction .....                                                                                                             | 23 |
| 3.4 Materiales y métodos.....                                                                                                      | 25 |
| 3.4.1 Antecedentes del área de estudio .....                                                                                       | 25 |
| 3.4.2 Medición de los contenidos biomasa por compartimento .....                                                                   | 26 |
| 3.4.3 Análisis de contenido de carbono.....                                                                                        | 27 |
| 3.4.4 Manejo y análisis estadístico de datos .....                                                                                 | 27 |
| 3.5 Resultados.....                                                                                                                | 27 |
| 3.6 Discusión .....                                                                                                                | 29 |
| 3.7 Conclusiones .....                                                                                                             | 32 |
| 3.8 Agradecimientos .....                                                                                                          | 33 |
| 3.9 Literatura citada .....                                                                                                        | 33 |
| IV. LA CERTIFICACIÓN FOREST STEWARDSHIP COUNCIL Y SU<br>EFECTO EN EL INGRESO DE LOS COMUNEROS, EN OAXACA, MÉXICO .                 | 41 |
| 4.1 Resumen .....                                                                                                                  | 42 |
| 4.2 Abstract.....                                                                                                                  | 43 |
| 4.3 Introducción .....                                                                                                             | 44 |
| 4.4 Materiales y métodos.....                                                                                                      | 46 |
| 4.4.1 Modelo de diferencias en diferencias .....                                                                                   | 46 |

|       |                                        |    |
|-------|----------------------------------------|----|
| 4.4.2 | Antecedentes del área de estudio ..... | 48 |
| 4.4.3 | Técnica de recopilación de datos ..... | 50 |
| 4.4.4 | Cálculo y tamaño de la muestra .....   | 52 |
| 4.5   | Resultados y discusión .....           | 52 |
| 4.6   | Prospectiva .....                      | 58 |
| 4.7   | Conclusiones .....                     | 59 |
| 4.8   | Agradecimientos .....                  | 61 |
| 4.9   | Referencias .....                      | 61 |
| V.    | CONCLUSIONES GENERALES .....           | 64 |
| VI.   | PROSPECTIVA .....                      | 65 |

## LISTA DE CUADROS

| <b>Cuadro</b> | <b>Título</b>                                                                                                                                                     | <b>pagina</b> |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Cuadro 1.     | Resumen de análisis de varianza en contenidos de carbono en biomasa estructural y de compartimentos.....                                                          | 39            |
| Cuadro 2.     | Contenidos de carbono en biomasa ( $t\ ha^{-1}$ ) entre tratamientos silvícolas de la localidad certificada y no certificada por el Forest Stewardship Council... | 40            |
| Cuadro 3.     | Estructura del modelo de diferencia en diferencia.....                                                                                                            | 46            |
| Cuadro 4.     | Selección del grupo de tratamiento y control en base a criterios socioeconómicos.....                                                                             | 48            |
| Cuadro 5.     | Definición de variables.....                                                                                                                                      | 53            |
| Cuadro 6.     | Resumen de la comparación de medias entre la muestra tratamientos y control.....                                                                                  | 53            |
| Cuadro 7.     | Resumen de la prueba Fligner-Killeen de varianza entre la muestra tratamiento y control.....                                                                      | 53            |
| Cuadro 8.     | Ingreso promedio Per Cápita en la muestra tratamiento y control...                                                                                                | 54            |
| Cuadro 9.     | Ingreso promedio familiar en el grupo tratamiento y control.....                                                                                                  | 55            |

## LISTA DE FIGURAS

| <b>Figura</b> | <b>Título</b>                                                                                                                                      | <b>Página</b> |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Figura 1.     | Sitios de muestreo con los tratamientos evaluados.....                                                                                             | 37            |
| Figura 2.     | Secuestro de carbono en la estructura arbórea vs piso forestal entre<br>tratamientos silvícolas de comunidades certificadas y no certificadas..... | 38            |
| Figura 3.     | Interacción de los sitios de muestreo entre grupo de control y<br>tratamiento.....                                                                 | 38            |
| Figura 4.     | San Pedro el Alto (grupo de control) y San Juan Atepec (grupo<br>tratamientos) .....                                                               | 51            |
| Figura 5.     | Estructura del ingreso en la muestra tratamiento y control.....                                                                                    | 56            |
| Figura 6.     | Percepción de los entrevistados sobre los cambios por la certificación<br>forestal.....                                                            | 59            |

## **ABREVIATURAS USADAS**

|                 |                                                                            |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>FSC</b>      | Forest Stewarship Council                                                  |
| <b>C</b>        | Carbono                                                                    |
| <b>TS</b>       | Tratamiento Silvícola                                                      |
| <b>SM</b>       | Sitios de Muestreo                                                         |
| <b>PEFC</b>     | Programa para el Reconocimiento de Certificación Forestal                  |
| <b>CNUMAD</b>   | Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y<br>Desarrollo |
| <b>ONG</b>      | Organización no Gubernamental                                              |
| <b>OIMT</b>     | Organización Internacional de las Maderas Tropicales                       |
| <b>WWF</b>      | Fondo Mundial para la Naturaleza                                           |
| <b>CCMS</b>     | Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible                     |
| <b>ATP</b>      | Auditoria Técnica Preventiva                                               |
| <b>MDS</b>      | Método de Desarrollo Silvícola                                             |
| <b>CR</b>       | Corta de Regeneración                                                      |
| <b>ITVO</b>     | Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca                                  |
| <b>EFC</b>      | Empresa Forestal Comunitaria                                               |
| <b>CONASAMI</b> | Comisión Nacional de Salarios Mínimos                                      |
| <b>CONEVAL</b>  | Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social         |

## DEDICATORIA

***Con todo el amor y cariño para mis padres y hermanos que siempre han estado apoyándome en cada una de las etapas de mi preparación académica.***

***Pablo.***

## **AGRADECIMIENTOS**

A **DIOS** por darme la oportunidad de realizar mis estudios de doctorado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) quien, en su afán por impulsar y fortalecer el desarrollo científico, así como la modernización tecnológica de México, por medio de su financiamiento pude cursar mis estudios de posgrado a nivel doctorado.

A la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), noble institución pública de enseñanza e investigación quien me permitió cursar mis estudios de maestría y doctorado.

Al Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez por su dirección, consejos y apoyo para ver culminado mi trabajo de investigación en tiempo y forma.

Al Dr. Ramon Valdivia Alcalá, Dra. Blanca Margarita Montiel Batalla, Dr. Gerardo Rodríguez Ortíz, integrantes de mi comité de tesis, por su acompañamiento y atinadas observaciones para que esta investigación sea un aporte al conocimiento.

Al Ingeniero Raúl, encargado de los Servicios Técnicos forestales de la Localidad de San Pedro el Alto, Zimatal Oaxaca y al Ingeniero Octavio, encargado de los Servicios Técnicos Forestales de la Localidad de San Juan Atepec, Oaxaca, por habernos permitido desarrollar esta investigación en las comunidades forestales bajo su cargo.

Al equipo que integra el posgrado en Economía Agrícola, a Chayito, Mirna y Coordinador del Programa Dr. Juan Hernández Ortíz.

A mi amigo y colega José Antonio Gutiérrez López.

## DATOS BIOGRÁFICOS

### Datos personales

|                         |                                       |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Nombre                  | Pablo Espinoza Zúñiga                 |
| Fecha de nacimiento     | 15-01-1990                            |
| Lugar de nacimiento     | Hidalgo, Santa Cruz Itundujia, Oaxaca |
| No. De cartilla militar | C-0395862                             |
| CURP                    | EIZP900115HOCSXB07                    |
| Profesión               | Ingeniero Forestal                    |
| Cédula profesional      | 9778005                               |



### Desarrollo académico

|              |                                                                   |
|--------------|-------------------------------------------------------------------|
| Bachillerato | Instituto de Bachilleratos del Estado de Oaxaca, IEBO Plantel 12. |
| Licenciatura | Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO).                 |
| Maestría     | División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo    |

## RESUMEN GENERAL

### Impacto de la certificación del Forest Stewardship Council en el desarrollo forestal sustentable de Oaxaca

El Forest Stewardship Council (FSC) ha sido promovido en México como una solución que reduce los impactos del aprovechamiento forestal para contribuir en la mitigación del cambio climático a través del secuestro de carbono. Al mismo tiempo, la certificación promueve como uno de sus ejes rectores que los beneficios obtenidos de la actividad forestal tengan un efecto positivo en los medios de subsistencia de las poblaciones que dependen de los bosques. En México hay más de 1.38 millones de hectáreas certificadas; sin embargo, la evidencia sobre si un bosque certificado mejora los montos de carbono almacenados en los compartimentos aéreo y piso forestal es escasa. Por otro lado, no se cuenta con estudios que revelen si la certificación ha contribuido positivamente en los ingresos que reciben los trabajadores que se emplean en el aprovechamiento forestal. El objetivo de este trabajo fue comparar una comunidad certificada con una no certificada y ver si existen diferencias en la captura de carbono y los ingresos percibidos por los comuneros que trabajan en la producción forestal. Se evaluaron dos tratamientos silvícolas y se determinó el valor de la línea base mediante entrevistas semiestructuradas. Con análisis de varianza, pruebas de medias con arreglo factorial, análisis clúster y estadística descriptiva, se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) donde un bosque certificado almacena mayores montos de carbono en los compartimentos evaluados. Sin embargo, no hubo diferencias en el carbono almacenado en el piso forestal. No se encontró diferencia significativa en los ingresos mensuales individuales, el ingreso familiar mensual en la localidad certificada es significativamente más alto. La certificación forestal es una opción para que los bosques comunitarios incrementen sus reservas de carbono, y un paso previo para que las comunidades participen en los mercados de carbono. Sin embargo, la certificación poco ha influido para que los comuneros tengan acceso a sueldos más competitivos.

**Palabras clave:** tratamientos silvícolas, comunidad certificada, ingreso familiar, mercados de carbono, sueldos competitivos.

---

Tesis de Doctorado en Ciencias, Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola, División de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Pablo Espinoza Zúñiga

Director de tesis: Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez

## ABSTRACT

### **Impact of Forest Stewardship Council certification on sustainable forestry development in Oaxaca**

The Forest Stewardship Council (FSC) has been promoted in Mexico as a solution that reduces the impacts of forest exploitation to contribute to climate change mitigation through carbon sequestration. At the same time, certification promotes as one of its guiding principles that the benefits obtained from forestry activities have a positive effect on the livelihoods of populations that depend on forests. In Mexico there are more than 1.38 million certified hectares, however, the evidence on whether a certified forest improves the amounts of carbon stored in the aerial compartments and forest floor is scarce. On the other hand, there are no studies that reveal whether certification has contributed positively to the income received by workers employed in logging. The objective of this work was to compare a certified community with a non-certified one and see if there are differences in carbon sequestration and the income received by the community members who work in forestry production. Two silvicultural treatments were evaluated and the baseline value was determined through semi-structured interviews. With analysis of variance, means tests with factorial arrangement, cluster analysis and descriptive statistics, a significant difference ( $p \leq 0.01$ ) was found that a certified forest stores greater amounts of carbon in the evaluated compartments. However, there were no differences in the carbon stored in the forest floor. No significant difference was found in the individual monthly income, the monthly family income in the certified locality is significantly higher. Forest certification is an option for community forests to increase their carbon stocks, and a prior step for communities to participate in carbon markets. However, the certification has had little influence so that the community members have access to more competitive salaries.

**Keywords:** silvicultural treatments, certified community, family income, carbon markets, competitive wages.

---

Tesis de Doctorado en Ciencias, Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola, División de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Pablo Espinoza Zúñiga

Director de tesis: Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez

## **I. INTRODUCCIÓN GENERAL**

Un tercio de la superficie del territorio mexicano está cubierto por bosques (65 millones de hectáreas). Por herencia de la reforma agraria, gran parte de estas áreas boscosas están gobernadas por comunidades indígenas y ejidos, siendo estos quienes deciden qué hacer con sus recursos forestales, a través de la contratación de personal capacitado (Blackman et al., 2018; Torres-Rojo et al., 2016).

En el país, los problemas de deforestación y degradación forestal han puesto en riesgo, a través de los años, la capacidad de los bosques de proveer servicios ecosistémicos, como la captura de carbono, recarga de los mantos acuíferos, entre otros, así como también, problemas ambientales como la pérdida de biodiversidad, erosión de los suelos, y calentamiento global. Desde el punto de vista social y económico, los bosques contribuyen a mejorar los medios de subsistencia de las comunidades que dependen directamente de los recursos forestales y su aprovechamiento (Blackman et al., 2018; Kalonga et al., 2016).

Con el objetivo de atender los problemas ambientales, mejorar la gestión forestal y tener mayor incidencia en el desarrollo económico de las comunidades a través del aprovechamiento forestal, organismos no gubernamentales en 1990 crean el Forest Stewardship Council (FSC) y es adoptado en México en 1993 como alternativa para mejorar el manejo forestal. El FSC busca a través de sus principios e indicadores mejorar la sostenibilidad ambiental, social y económica, promoviendo prácticas de gestión forestal más sostenibles y amigables con el medio ambiente (Fonseca, 2006; van der Ven & Cashore, 2018).

El manejo forestal mejorado, busca que la utilización de los bosques se desarrolle con una intensidad tal que, puedan conservar su vitalidad, productividad, diversidad biológica, capacidad de regeneración y, mantener en el tiempo los servicios ecosistémicos que estos ofrecen, dentro de los cuales está el almacenamiento de carbono. La gestión forestal, bajo el enfoque de la certificación del FSC ha sido adoptada con el supuesto de que con ella se mejoran las actividades de manejo a nivel de rodal y con ello mejorar la provisión

de los servicios ecosistémicos, sin embargo, la evidencia sobre si la certificación tiene efectos positivos en el almacenamiento de carbono no es suficiente (Charmakar et al., 2021; Forestal et al., 2015).

Desde el punto de vista socioeconómico, el FSC busca que la gestión forestal tenga un impacto en la mejora de la calidad de vida de los trabajadores, mayor claridad sobre el reparto de ganancias, mejores condiciones de empleo, así como también, mayor desarrollo local. Conforme ha ido aumentando la proliferación de la certificación del FSC, ha ido aumentando también el interés por conocer su impacto social, sin embargo, el conocimiento respecto a esto es limitado, ya que en su mayoría los estudios realizados solo se han enfocado en analizar los impactos ambientales (Tricallotis et al., 2018).

### **1.1 Planteamiento del problema**

Después de más de 20 años de su creación y de ser promovida por gobiernos y organizaciones no gubernamentales, es necesario realizar una evaluación que contribuya a esclarecer el desempeño del Forest Stewardship Council (FSC) midiendo su impacto socioeconómico y ambiental, así como su contribución en la mitigación del cambio. Cabe destacar que a lo largo del tiempo se han realizado investigaciones que han orientado sus esfuerzos en esclarecer los impactos de los esquemas de certificación, sin embargo, la mayoría de estas evaluaciones muestran resultados contradictorios. Dentro de las metodologías más usadas se encuentran análisis cualitativos basados en entrevistas, análisis de solicitudes de acciones correctivas y evaluaciones cuantitativas basada en observación directa. Aquí, es importante decir que, en México son escasas las investigaciones orientadas a medir los impactos del FSC, a pesar de que nuestro país lleva casi 25 años promoviendo este esquema de certificación forestal. Dentro de los más recientes podemos mencionar a Blackman, Leonard-Goff y Rivera-Planter (2019), García-Montiel et al., (2017) y Blackman, Raimondi y Cubbage, (2019). Sin embargo, estos estudios se enfocan únicamente a medir si el FSC tiene beneficios ambientales y cómo este esquema de certificación detiene la deforestación.

Esto deja en evidencia que las investigaciones que han medido el desempeño de la certificación forestal FSC solo se han enfocado en su mayoría, a la parte ambiental, dejando de lado la parte socioeconómica y la contribución del Forest Stewardship Council en la mitigación del cambio climático. De ahí, la presente investigación retoma su importancia, ya que con ella se espera contribuir un poco a esclarecer el impacto de la certificación forestal a escala local, midiendo variables socioeconómicas y técnicas que permitan cuantificar el carbono secuestrado en bosques certificados y el bienestar económico, y social de las poblaciones que dependen del aprovechamiento forestal bajo un enfoque de certificación.

## **1.2 Preguntas de investigación**

- 1.- ¿Cuáles han sido los efectos en el contenido de carbono en los compartimentos aéreo y piso forestal en bosques forestales comunitarios certificados por el FSC en comparación con bosques forestales no certificados?
- 2.- ¿Cuál ha sido el efecto en el ingreso individual y familiar de los comuneros de la comunidad certificada versus los comuneros de la comunidad no certificada?

## **1.3 Objetivo general**

- Evaluar el efecto del Forest Stewardship Council en el secuestro de carbono almacenado en la estructura del árbol y piso forestal en el manejo sostenible de los bosques, así como su efecto en los ingresos de los comuneros que se emplean en las actividades de producción forestal, comparando una localidad certificada con una no certificado, en Oaxaca, México.

## **1.4 Objetivos específicos**

1. Comparar los efectos de los tratamientos silvícolas de bosques comunitarios certificados y no certificados en el secuestro de carbono en los compartimentos de biomasa aérea y piso forestal.

2. Medir comparativamente el efecto en el ingreso de comuneros que se emplean en unidades de manejo forestal certificado vs no certificado.

### **1.5 Hipótesis**

1. La gestión forestal bajo un enfoque de certificación incrementa los montos de carbono en la estructura arbórea y piso forestal derivado de las actividades a las que obliga el FSC en sus principios e indicadores.
2. Los ingresos individual y familiar son más altos en la comunidad certificada que en la comunidad no certificada.

El capítulo I de este documento de tesis está integrado por una introducción general, planteamiento del problema, justificación, objetivo general y objetivos específicos. El capítulo II hace referencia al estado del arte del tema, el cual describe un panorama general sobre los inicios y causas del surgimiento de la certificación forestal, así como sus impactos a nivel socioeconómico y ambiental; este apartado también describe el estado actual de la certificación y cuáles son los principales retos que tiene que atender para mejorar la gestión forestal en México. El capítulo III, muestra como las actividades de gestión forestal certificadas influyen en el secuestro de carbono en bosques bajo aprovechamiento. En el capítulo IV, se refiere a si los comuneros que se emplean en las actividades de manejo certificado mejoran sus ingresos, el capítulo V corresponde a las conclusiones, y finalmente un capítulo VI de prospectiva donde se expone la importancia de los resultados de la investigación, así como también, sus alcances y limitaciones

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 La certificación en el manejo forestal sostenible**

El aprovechamiento forestal sostenible de los bosques consiste en gestionarlos de manera ordenada, sin generar impactos ambientales negativos, este aprovechamiento, debe satisfacer las necesidades sociales, económicas y ambientales de las actuales y futuras generaciones (Carlos & Urias, 2003). De manera que, se puede definir al manejo forestal sostenible no solo como una actividad de extracción maderable, sino más bien, como una actividad que involucra decisiones que conllevan a mejorar la calidad ambiental y los medios de subsistencia de las poblaciones que dependen de los bosques (Aguirre-Calderón, 2015).

En muchos de los casos, la gestión forestal se ha limitado únicamente en la cosecha de volúmenes maderables, poco se ha centrado en el mantenimiento de la biodiversidad, suelo y regeneración (Valladares-Samperio & Galicia-Sarmiento, 2021). Por otro lado, el aumento en la demanda de productos maderables, aprovechamiento ilegal, débil gobernanza forestal y la mala aplicación de los criterios del manejo forestal sostenible han traído consigo la deforestación y degradación forestal (Galicia et al., 2018).

Con el tiempo, se han venido implementando mecanismos de certificación que permitan gestionar de manera más sostenible los recursos forestales, bajo los estándares de certificación, terceros evalúan si el aprovechamiento forestal se está efectuando de manera tal que, no se afecte la biodiversidad, mejore la economía y haya mayor desarrollo social de las poblaciones que dependen de los bosques que se encuentran bajo algún enfoque de certificación (Yamamoto & Matsumoto, 2022).

A partir de 1990, la certificación forestal se ha proliferado de manera importante, sin embargo, la mayoría de los bosques certificados se encuentran en Europa y América del Norte, poco ha sido adoptada en países en vías de desarrollo. Dentro de los estándares de certificación forestal más importantes a nivel mundial son el

FSC y el Programa para el Reconocimiento de Certificación Forestal (PEFC), los cuales son los más estudiados actualmente (Rafael et al., 2018).

La certificación ha contribuido en mejorar el conocimiento y la comprensión de la gestión forestal sustentable. Sin embargo, a pesar de esto, los criterios e indicadores del estándar del FSC ha generado un debate sobre si estos esquemas de certificación han contribuido en resultados positivos y pueda ser adoptada como una estrategia de conservación y manejo de los bosques en países en vías de desarrollo (Aguirre-Calderón, 2015).

### **2.1.1 Inicios y causas del nacimiento de la certificación forestal**

El concepto de desarrollo sostenible tomo gran importancia en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), celebrada en Río de Janeiro en 1992, en este evento el objetivo principal fue elaborar un plan de acción para la aplicación de este concepto a nivel internacional (Mikulková et al., 2015). En este sentido, Redclift (2005) lo define como la esencia de la sostenibilidad para alcanzar los tres objetivos básicos: desarrollo social, respeto de las necesidades de la sociedad, protección ambiental efectiva y uso respetuoso del medio ambiente, mientras se mantiene un alto nivel de crecimiento económico y empleos. Finalmente, los sistemas de certificación forestal y sus mecanismos de acción se sustentan en las conclusiones finales de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (Mikulková et al., 2015).

El surgimiento de los diferentes esquemas de certificación forestal no estatales fue impulsado en gran medida por una creciente preocupación entre Organizaciones no Gubernamentales (ONG) de carácter ambiental y otras partes interesadas preocupadas por los problemas de la degradación y deforestación de los bosques en el mundo. La Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT) no respaldo las propuestas de las ONG para desarrollar sistemas de certificación y etiquetado forestal para madera tropical de fuentes gestionadas de forma sostenible, esta situación convenció al Fondo Mundial para

la Naturaleza (WWF) de que dicho sistema tendría que ser desarrollado por iniciativas privadas (Auld & Gulbrandsen, 2013).

Existen diferentes estándares, sin embargo, los principales sistemas de certificación forestal en el mundo son: el Pan Europeo (Pan European Forest Certification o PEFC); el Consejo de Administración Forestal (Forest Stewardship Council o FSC), la Organización Internacional de Normalización (International Organization Standardization o ISO) en su serie ISO-14001, al tiempo que, los países en desarrollo también a través de los años han ido creando sus propios sistemas de certificación forestal, aplicables a sus condiciones locales (Tamarit Urias, 2003).

El FSC dio sus inicios en la década de los noventa, la cual surgió como una organización no gubernamental con el objetivo promover un mejor manejo de los bosques a través de la aplicación de mecanismos de mercado y con ello asegurar al consumidor que los productos forestales provienen de fuentes comprometidas con una silvicultura sostenible (Gerez-Fernández & Alatorre-Guzmán, 2007).

### **2.1.2 Concepto de certificación forestal**

Una de las principales características de la certificación forestal es que es un instrumento privado y voluntario, esta se basa en el mercado y busca promover mejores prácticas de gestión forestal, por lo que, la certificación forestal busca se dé un uso apropiado a los bosques, un trato adecuado a las comunidades locales participantes, así como también, a los trabajadores, y haya un mayor desarrollo económico a través del aprovechamiento de los recursos forestales (Meidinger, 2011).

La certificación forestal del FSC, tiene como meta principal, mejorar la calidad ambiental, social y económica del manejo forestal y así como también, registrar continuamente cada una de las operaciones de la empresa forestal, y buscar mercados más competitivos e incrementar los ingresos económicos (Acharya et al., 2015). A pesar de esto, la certificación del FSC hoy día sigue siendo un tema con un amplio debate y polémica (Newsom, Bahn & Cashore, 2006).

El FSC, se ha posicionado como una de las alternativas de mercado más importantes en el sector forestal e industria de la madera a nivel internacional, al promover a través de sus principios e indicadores prácticas de manejo forestal más amigables con el medio ambiente (Nussbaum & Simula, 2013). Como se ha venido mencionando, uno de los principales objetivos de la certificación forestal del FSC es asegurar a los consumidores con información confiable y creíble que los productos obtenidos vienen de abrochamientos forestales. La certificación es, por lo tanto, un estándar de certificación independiente de evaluación de métodos forestales con el objetivo de promover las mejores prácticas reconocidas internacionalmente para el manejo forestal sostenible y construir el acceso al mercado internacional a través de productos locales certificados (Acharya et al., 2015).

## **2.2 México y la certificación en el manejo sostenible de los bosques**

En México, hay aproximadamente 65 millones de hectáreas de bosques, esto equivale a un tercio del territorio nacional (FAO, 2011). En su mayoría, esta superficie se encuentra gobernada por más de 2, 000 unidades comunales de manejo forestal llamadas ejidos y comunidades, donde generalmente estas comunidades y ejidos no cuentan con la capacidad suficiente para implementar acciones de manejo forestal sostenibles (Cashore, Gale, Meidinger, & Newsom, 2006).

Históricamente, la deforestación y la degradación de los bosques han sido problemas graves en México. Estos problemas ambientales han generado a escala local y global problemas como la degradación de los suelos, agotamiento de los mantos acuíferos, disminución de biodiversidad, y calentamiento global. (Giugale, Lafourcade & Nguyen, 2001).

En México, la certificación forestal del FSC dio sus primeros pasos en la década de 1990, esta fue promovida por dos organizaciones no gubernamentales: el Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible (CCMS), que se centró en la silvicultura comunitaria, y el programa SmartWood de Rainforest Alliance, que recientemente había sido acreditado como auditor FSC, es importante destacar

que en México, primero se promovió la certificación en las unidades de manejo forestal que ya exhibían un manejo forestal superior, dejando de lado aquellos en los que prevalecían problemas manejo forestal, incluida la deforestación, la pérdida de biodiversidad y la tala ilegal (Fonseca, 2006).

En 1993 fue emitido por el FSC el primer certificado del buen manejo forestal, a partir de ahí, estados de la región norte del país empezaron a mostrar cierto interés en la certificación, sin embargo, a través de los años, la Conafor, Semarnat y Profepa, en el 2008 crearon al Consejo Mexicano de Certificación Forestal (NMX-AA-143-SCFI-2008) (García et al., 2017).

De acuerdo con datos de García et al. (2017), al 2016 en México se habían certificado alrededor de 900,388.69 hectáreas tanto para manejo forestal y cadena custodia. En el país, actualmente operan dos sistemas de certificación forestal, por un lado, está el estándar del FSC y por la otra certificación nacional NMX-AA-143-SCFI-2008, donde Durango es el estado con mayor superficie de bosques certificados, siendo este el que aporta más del 25% de la producción forestal en el país (Corral-Rivas, 2016).

### **2.2.1 Impactos económicos, sociales y ambientales de la certificación forestal en México**

La industria forestal influye en diversas actividades económicas en el país, en este sentido, las operaciones forestales bajo un enfoque de certificación buscan como objetivos principales vincular a los productores en mercados más competitivos, asegurando a los consumidores que los productos adquiridos provienen de fuentes de aprovechamiento forestal sostenibles (García-Montiel et al., 2022).

Las operaciones forestales certificadas en países en desarrollo como México, tienen costos operativos muy elevados para mantenerse certificadas y cumplir con los requisitos del esquema (Galati et al., 2017). Ante esta situación, es necesario medir los efectos económicos, sociales y ambientales a escala local de la certificación forestal en México (García-Montiel et al., 2022).

En México, se han notado dos ventajas económicas de la certificación forestal: mayor acceso a ciertos mercados certificados y mayor eficiencia interna (Fonseca, 2004). Sin embargo, académicos, profesionales y otras partes interesadas del sector forestal argumentan que se sabe muy poco sobre los efectos económicos y sociales de la certificación forestal y que, es necesario realizar estudios formales que permitan identificar a escala local si la certificación ha fomentado un mayor desarrollo económico en las operaciones forestales de México (García-Montiel et al., 2022).

Tamarit Urias (2003), menciona que la certificación forestal en México ha tenido efectos desde el punto de vista ambiental, pero que, sin embargo, desde el punto de vista socioeconómico poco se sabe si ha contribuido o no en las regiones forestales del país. Al respecto Fonseca, (2004) concluye que la certificación también contribuye a fortalecer los procesos de organización de la comunidad, tales como la administración de aserraderos y la equidad de género en el sector forestal, y a corregir los procedimientos organizativos que se han debilitado. Por ejemplo, en Ixtepeji, Oaxaca, la certificación ha provocado la reorganización del proceso de producción en los últimos tres años, lo que ha mejorado la eficiencia y la producción del aserradero (Chávez, 2005).

Por otro lado, desde el punto de vista ambiental en un estudio realizado por Blackman et al. (2017), donde a través de la revisión de acciones correctivas midieron si la certificación forestal ha tenido beneficios ambientales en México, estos autores concluyen que no hay evidencias claras sobre si la certificación ha dado resultados. En este mismo sentido, Blackman et al. (2018), estos autores señalan que las unidades de manejo forestal certificadas adoptan mejores prácticas de manejo forestal y esto reduce la deforestación. En un estudio más reciente, Espinoza-Zúñiga et al. (2023) concluyen que las prácticas de manejo forestal certificadas generan mayores montos de carbono en la biomasa aérea.

García-Montiel et al. (2022) señalan que los tomadores de decisiones en el sector forestal de México consideran que el aspecto ambiental es el más importante a la hora de decidir si certificarse o no, ya que en su estudio estos autores

encontraron que el principio ambiental tiene una preferencia del 40.26%, seguido del principio social con una preferencia del 32.15% y finalmente el principio económico con un 27.59% de importancia.

### **2.2.2 Retos y situación actual de la certificación forestal en México**

Fonseca (2004) señala que a pesar de que la certificación fue aceptada en México, hay muchos desafíos para que esta logre su éxito a largo plazo, dentro de los principales desafíos esta la falta de recursos técnicos y financieros y falta de mercado. Para atender el problema del mercado de los productos forestales certificados, es recomendable dar mayor difusión al certificado y a la importancia de consumir productos de madera obtenidos en forma sustentable a través de foros y otras actividades de difusión y con ellos establecer lazos de mercado (Taylor, 2007). En este mismo sentido, Cashore et al. (2006) mencionan que la falta de acceso a mercados más competitivos es un reto importante a atender y que hacen falta estrategias nacionales para promover los productos forestales certificados.

A julio de 2004, había 32 operaciones certificadas por FSC en México, con un total de casi 600,000 mil hectáreas, o el 7% del área forestal de México con un permiso forestal federal (Cashore, Gale, Meidinger & Newsom, 2006). Durango era hasta ese el estado que cubría la mayor superficie de bosques certificados con 276, 741 hectáreas y 21 operaciones forestales, seguido de Chihuahua con 209, 495 hectáreas, y finalmente Oaxaca con 79, 970 hectáreas (Cashore, Gale, Meidinger & Newsom, 2006).

En México actualmente operan cuatro estándares de certificación en materia forestal: 1) Auditoría Técnica Preventiva (ATP) de carácter nacional, es un instrumento de evaluación del adecuado cumplimiento a los programas de manejo forestal y considerado precursor para la evaluación de la NMX-AA-143-SCFL-2015; 2) NMX-AA-SCFL-2015 de carácter nacional, y es un instrumento de evaluación del manejo sustentable del bosque; 3) Estándar de manejo forestal del Consejo de Manejo Forestal (FSC) de carácter internacional, es un instrumento de evaluación del manejo sustentable del bosque, considerado el

máximo nivel de certificación en el país; 4) Estándar de cadena de custodia FSC de carácter internacional, es el instrumento de evaluación del proceso de transformación de la madera en un producto final. El único en su tipo que opera actualmente en el país (Conafor, 2017).

Al 2016 la superficie certificada en México por el Estándar de Manejo forestal del Consejo de Manejo Forestal (FSC) era de 826,587.65 ha. Por otro lado, 396,078.99 hectareas estaban en proceso de certificación (Conafor, 2017).

### **2.2.3 Certificación forestal en el estado de Oaxaca**

En Oaxaca, la certificación forestal dio sus primeros pasos en el de 1996, fue la organización de la UZACHI quien certificó el manejo de sus cuatro comunidades bajo el sello del FSC. La Semarnat, a través del Procymaf y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) promovieron con fuerza este estándar en nuestro país y especialmente en Oaxaca (Fonseca, 2016).

En el 2005 la certificación tuvo un gran impulso en el estado, ya que el gobierno bajo la administración de Ulises Ruiz Ortiz promovió la compra de muebles escolares, los cuales venían de fuentes de manejo forestal certificado en el estado, esta situación permitió que otras organizaciones forestales dentro del estado tales la Integradora Forestal de Oaxaca, compuesta por Textitlán, Ixtlán y Pueblos Mancomunados produjeran y vendieran muebles escolares para el Instituto Estatal de Educación Pública de Oaxaca (Fonseca, 2016).

En total la superficie certificada por el FSC en Oaxaca de comunidades forestales es de 100,064 hectáreas. Por otro lado, la superficie certificada por la NMx AA-143 (5 comunidades) es de 34,211 hectáreas, la suma de estas dos equivale al 25% de la superficie total en el estado. Es decir, una cuarta parte de la superficie forestal bajo manejo en el estado tiene la garantía de que se promueve su sustentabilidad. Comunidades como Pueblos Mancomunados, Ixtlán, Santiago Textitlán, Santa Catarina Ixtepeji Y San Pedro el Alto forman parte de la Alianza Ecoforce, una organización de comunidades y ejidos certificados de cinco estados del país y que tienen entre sus objetivos promover la venta de productos

certificados y abrir mercados de manera conjunta para el mercado de la madera certificada (Fonseca, 2016).

### **2.3 El desafío de medir los impactos de la certificación forestal**

Como se ha mencionado en párrafos anteriores, la certificación forestal busca que los consumidores adquieran productos forestales de bosques gestionados de manera sustentable, de tal manera que, el aprovechamiento forestal sea socialmente beneficioso y económicamente viable (Van der Ven & Cashore, 2018).

Parte del problema para medir y dar una opinión contundente sobre los efectos de la certificación forestal, es que los diseños de las investigaciones que se han realizado presentan una serie de problemas, dentro de los cuales se pueden encontrar la dificultad que estos trabajos han tenido para aislar los impactos de la certificación, esto debido a que las empresas que buscan certificarse generalmente ya muestran un buen desempeño en sus prácticas de manejo forestal (Van der Ven & Cashore, 2018). Autores como Romero et al. (2017), al respecto mencionan que los impactos generalmente son susceptibles a sesgos de selección.

Otro desafío importante es la falta de información y datos confiables, los investigadores a menudo se enfrentan a lidiar con información y datos erróneos, esto claramente arroja resultados poco confiables sobre los efectos de la certificación forestal (Van der Ven & Cashore, 2018). Esta situación ha llevado a desarrollar investigaciones muy dependientes de trabajos documentales, lo cual ha creado una realidad de papel acerca de la certificación forestal (Visseren-Hamakers & Pattberg, 2013).

Ante esta situación, se puede decir que la dificultad de elaborar un buen diseño de investigación, datos erróneos e insuficientes, la dinámica cambiante de los esquemas de la certificación forestal dificultan la generación de conclusiones sólidas acerca de los impactos de la certificación (Van der Ven & Cashore, 2018).

En las siguientes secciones de este documento de tesis se describen algunas metodologías recomendadas para evitar los problemas descritos anteriormente y de esa manera se puedan encontrar resultados más sólidos acerca de los efectos de la certificación forestal.

### **2.3.1 ¿Cómo mejorar la investigación sobre los impactos de la certificación forestal?**

De acuerdo con Van der Ven y Cashore, (2018) para mejorar las investigaciones que buscan medir los efectos de la certificación y no caer en conclusiones erróneas, los investigadores deben enfocarse en obtener información que describa los impactos existentes de la certificación forestal, aquí se incluyen medidas sobre el desempeño ambiental y beneficios socioeconómicos, buscar que las investigaciones se centren en medir los indicadores a pequeña y gran escala, esto va a permitir a las partes interesadas tener una idea más amplia sobre los impactos de la certificación forestal y finalmente, los diseños de investigación deben adaptarse con las dificultades de establecer la causalidad entre las variables existentes, de lo contrario existe la posibilidad de dar conclusiones erróneas, las cuales pueden subestimar o exagerar el valor de la certificación forestal.

## **2.4 Bibliografía**

- Acharya, R. P., Bhattarai, B. P., Dahal, N., Kunwar, R. M., Karki, G., & Bhattarai, H. P. (2015). Governance in community forestry in Nepal through forest certification. *International Forestry Review*, 17(1), 1–9. <https://doi.org/10.1505/146554815814725077>
- Aguirre-Calderón, O. A. (2015). Forest management in the XXI century. *Madera Bosques*, 21, 17–28.
- Auld, G., & Gulbrandsen, L. H. (2013). Private regulation in global environmental governance. *The handbook of global climate and environment policy*, 394-411.

- Blackman, A., & Rivera, J. (2011). Producer-level benefits of sustainability certification. *Conservation Biology*, 25(6), 1176-1185.
- Blackman, A., Goff, L., & Rivera Planter, M. (2018). Does eco-certification stem tropical deforestation? Forest Stewardship Council certification in Mexico. *Journal of Environmental Economics and Management*, 89, 306–333. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2018.04.005>
- Blackman, A., Raimondi, A., & Cubbage, F. (2017). Does forest certification in developing countries have environmental benefits? Insights from Mexican corrective action requests. *International Forestry Review*, 19(3), 247-264.
- Blackman, A., Raimondi, A., & Cubbage, F. (2017). Does Forest Certification in Developing Countries Have Environmental Benefits? Insights from Mexican Corrective Action Requests. *International Forestry Review*, 19(3), 247–264. <https://doi.org/10.1505/146554817821865072>
- Carlos, J., & Urias, T. (2003). Análisis del escenario de la certificación forestal en el contexto del desarrollo sustentable. *Madera y Bosques*, 9(2), 3–13.
- Cashore, B., Gale, F., Meidinger, E., & Newsom, D. (2006). Forest certification in developing and transitioning countries: part of a sustainable future? *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 48(9), 6-25.
- Charmakar, S., Oli Nath, B., Joshi Raj, N., Maraseni Narayan, T., & Atreya, K. (2021). Forest Carbon Storage and Species Richness in FSC Certified and Non-certified Community Forests in Nepal. *Small-Scale Forestry*, 20(2), 199–219. <https://doi.org/10.1007/s11842-020-09464-3>
- Corral-Rivas, JJ, Torres-Rojas, JM, Lujan-Soto, JE, Nava-Miranda, MG, Aguirre-Calderón, OA, & Gadow, KV (2016). Densidad y producción en los bosques naturales de Durango/México. *Allgemeine Forst-und Jagdzeitung*, 187 (5/6), 93-103.
- Espinoza-Zúñiga, P., Leos-Rodríguez, J. A., Rodríguez-Ortiz, G., Montiel-Batalla, B. M., & Valdivia-Alcalá, R. (2023). Carbono estructural y compartimentos

en bosques certificados por el Forest Stewardship Council, en Oaxaca, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(1). <https://doi.org/10.19136/era.a10n1.3474>

Fonseca, S. A. (2006). *Forest Certification in Mexico*.

Fonseca, S. A. (2006). *Forest certification in Mexico. Confronting sustainability: forest certification in developing and transitioning countries*. Yale School of Forestry and Environmental Studies Press, New Haven, CT, USA.

Galati, A., Gianguzzi, G., Tinervia, S., Crescimanno, M., & La Mela Veca, D. S. (2017). Motivations, adoption and impact of voluntary environmental certification in the Italian Forest based industry: The case of the FSC standard. *Forest Policy and Economics*, 83, 169–176. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.08.002>

Galicia, L., Chávez-Vergara, B. M., Kolb, M., Jasso-Flores, R. I., Rodríguez-Bustos, L. A., Solís, L. E., de la Cruz, V. G., Pérez-Campuzano, E., & Villanueva, Y. A. (2018). Perspectives of the socioecological approach in the preservation, utilization and the payment of environmental services of the temperate forests of Mexico. *Madera y Bosques*, 24(2). <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421443>

García, E., Cubbage, F., Rojo-Alboreca, A., Lujan-, Á., Montiel-Antuna, E., & Corral-Rivas, J. J. (2017). An Analysis of Non-State and State Approaches for Forest Certification in Mexico. *Forest*, 1–18. <https://doi.org/10.3390/f8080290>

García-Montiel, E., Cubbage, F., Rojo-Alboreca, A., Morones-Esquivel, M. M., Lujan-Álvarez, C., Montiel-Antuna, E., López-Serrano, P. M., Pérez-Rodríguez, F., & Corral-Rivas, J. J. (2022). Hierarchical Analysis of Factors Determining the Impact of Forest Certification in Mexico. *Forests*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/f13122093>

- Gerez-Fernández, P., & Alatorre-Guzmán, E. (2007). Los retos de la certificación forestal en la silvicultura comunitaria de México. Los bosques comunitarios de Mexico; Bray, D., Merino, L., Barry, D., Eds.
- Giugale, M., Lafourcade, O., & Nguyen, V. H. (Eds.). (2001). Mexico, a comprehensive development agenda for the new era. World Bank Publications.
- Gómez-Zamalloa, M. G. (2011). Evaluación del impacto de la certificación de la gestión sostenible en el sector forestal de la Unión Europea (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid).
- Kalonga, S. K., Midtgaard, F., & Klanderud, K. (2016). Forest certification as a policy option in conserving biodiversity: An empirical study of forest management in Tanzania. *Forest Ecology and Management*, 361, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.10.034>
- Meidinger, E. (2011). Forest certification and democracy. *European Journal of Forest Research*, 130(3), 407–419. <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0426-8>
- Mikulková, A., Hájek, M., Štěpánková, M., & Ševčík, M. (2015). Forest certification as a tool to support sustainable development in forest management. *Journal of Forest Science*, 61(8), 359–368. <https://doi.org/10.17221/16/2015-JFS>.
- Newsom, D., Bahn, V., & Cashore, B. (2006). Does forest certification matter? An analysis of operation-level changes required during the SmartWood certification process in the United States. *Forest Policy and Economics*, 9(3), 197-208.
- Nussbaum, R., & Simula, M. (2013). The forest certification handbook. Routledge.
- Rafael, G. C., Fonseca, A., & Jacovine, L. A. G. (2018). Non-conformities to the Forest Stewardship Council (FSC) standards: Empirical evidence and

- implications for policy-making in Brazil. *Forest Policy and Economics*, 88, 59–69. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.12.013>
- Romero, C., Sills, E. O., Guariguata, M. R., Cerutti, P. O., Lescuyer, G., & Putz, F. E. (2017). Evaluation of the impacts of Forest Stewardship Council (FSC) certification of natural forest management in the tropics: a rigorous approach to assessment of a complex conservation intervention. *International Forestry Review*, 19(S2), 1–14.
- Tamarit Urias, J. C. (2003). Análisis del escenario de la certificación forestal en el contexto del desarrollo sustentable. *Madera y Bosques*, 9(2), 3–13.
- Torres-Rojo, J. M., Moreno-Sánchez, R., & Mendoza-Briseño, M. A. (2016). Sustainable Forest Management in Mexico. *Current Forestry Reports*, 2(2), 93–105. <https://doi.org/10.1007/s40725-016-0033-0>
- Tricallotis, M., Gunningham, N., & Kanowski, P. (2018). The impacts of forest certification for Chilean forestry businesses. *Forest Policy and Economics*, 92, 82–91. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.03.007>
- Valladares-Samperio, K., & Galicia-Sarmiento, L. (2021). Impacts of forest management on soil properties: A fundamental research topic for Mexico. In *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* (Vol. 27, Issue 1, pp. 33–52). Universidad Autónoma Chapingo. <https://doi.org/10.5154/R.RCHSCFA.2019.11.088>
- Van der Ven, H., & Cashore, B. (2018). Forest certification: the challenge of measuring impacts. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 32, 104–111. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.06.001>
- Visseren-Hamakers, I. J., & Pattberg, P. (2013). We can't see the forest for the trees: The environmental impact of global forest certification is unknown. *Ecological Perspectives for Science and Society*, 22(1), 25–28. <https://doi.org/10.14512/gaia.22.1.8>

Yamamoto, Y., & Matsumoto, K. I. (2022). The effect of forest certification on conservation and sustainable forest management. *Journal of Cleaner Production*, 363, 132374.

### III. CARBONO ESTRUCTURAL Y COMPARTIMENTOS EN BOSQUES CERTIFICADOS POR EL FOREST STEWARDSHIP COUNCIL, EN OAXACA, MÉXICO

### STRUCTURAL CARBON AND COMPARTMENTS IN FORESTS CERTIFIED BY THE FOREST STEWARDSHIP COUNCIL, IN OAXACA, MEXICO

#### Ecosistemas y Recursos Agropecuarios

[Actual](#) [Archivos](#) [Avisos](#) [Acerca de](#) [Centro de Pagos revista ERA](#) [Q Buscar](#)

[Inicio](#) / [Archivos](#) / [Vol. 10 Núm. 1 \(2023\): Enero-Abril 2023](#) / [ARTÍCULOS CIENTÍFICOS](#)

## Carbono estructural y compartimentos en bosques certificados por el Forest Stewardship Council, en Oaxaca, México

**Pablo Espinoza-Zúñiga**  
Universidad Autónoma Chapingo

**Juan Antonio Leos-Rodríguez**  
División de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo

**Gerardo Rodríguez-Ortiz**  
Tecnológico Nacional de México, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Xoxocotlán

**Blanca Margarita Montiel-Batalla**  
Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, Nuevo León

**Ramon Valdivia-Alcalá**  
División de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo

DOI: <https://doi.org/10.19136/era.a10n1.3474>

**Palabras clave:** Biomasa aérea, bosques comunitarios, piso forestal, prácticas forestales, tratamientos silvícolas.



[pdf](#)

**Journal citation Indicator (JCI)**

| 2021 | 2020 |
|------|------|
| 0.15 | 0.13 |

Category:  
Agriculture, Multidisciplinary

**Emerging Sources Citation Index (ESCI)**

**Clarivate™**  
[Journal Citation Reports JCR](#)

**Web of Science Group**

Emerging Source Citation Index (ESCI)

**CONACYT**

Como citar:

Espinoza-Zúñiga, P., Leos-Rodríguez, J. A., Rodríguez-Ortiz, G., Montiel-Batalla, B. M., & Valdivia-Alcalá, R. (2023). Carbono estructural y compartimentos en bosques certificados por el Forest Stewardship Council, en Oaxaca, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 10(1). <https://doi.org/10.19136/era.a10n1.3474>

### 3.1 Resumen

Este estudio compara la cantidad de carbono (C) estructural y de compartimiento aéreo versus C de suelo bajo dos tratamientos silvícolas (TS) –aclareo y cortas de regeneración. Las mediciones se realizaron en 2021 en sitios de muestreo (SM) localizados en Oaxaca, México, correspondientes a una comunidad certificada en prácticas de manejo forestal por el Forest Stewardship Council, y a una comunidad forestal no certificada. Se realizaron análisis de varianza y pruebas de medias bajo diseño completamente aleatorio con arreglo factorial y, análisis clúster de los SM. No se documentan diferencias por comunidad o TS por sí mismos, pero la interacción entre comunidad y TS generó efectos altamente significativos ( $p \leq 0.01$ ), de tal manera que los SM en la comunidad certificada presentaron mayores montos de C en los compartimentos evaluados. El TS aclareo en SM de la comunidad certificada generó en árboles y piso forestal mayor contenido de C que en SM de la comunidad sin certificación (334% y 24%, respectivamente). Los SM con cortas de regeneración, certificados o no, incrementan en 120.2% el C, al incorporar el piso forestal los montos almacenados en el C fijado en el árbol. No hubo diferencias en el C almacenado en piso forestal entre comunidades (165.97 tC ha<sup>-1</sup>), independiente del TS que se aplique. Los resultados son de utilidad para la toma de decisiones por los diseñadores de políticas públicas orientadas a mejorar el manejo forestal, las cuales tienen influencia en los montos de C almacenados en el ecosistema.

**Palabras clave:** Biomasa aérea, bosques comunitarios, piso forestal, prácticas forestales, tratamientos silvícolas.

---

Tesis de Doctorado, Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola, División de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Pablo Espinoza Zúñiga

Director de tesis: Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez

### 3.2 Abstract

This study compares the amount of structural and aboveground compartment carbon (C) versus soil C under two silvicultural treatments (ST) – thinning and regeneration cut. Measurements were made in 2021 at sampling sites (SS) located in Oaxaca, Mexico, corresponding to a community certified in forest management practices by the Forest Stewardship Council, versus a non-certified forest community. Analysis of variance and tests of means were performed under a completely randomized design with factorial arrangement and cluster analysis of the SS. No differences by community or ST by themselves are documented, but the interaction between community and ST generated highly significant effects ( $p \leq 0.01$ ), in such a way that the SS in the certified community presented higher amounts of C in the evaluated compartments. The ST thinning in SS of the certified community generated higher C content in trees and forest floor than in SS of the community without certification (334% and 24%, respectively). The SS with regeneration cuts, certified or not, increase C by 120.2%, by incorporating the amounts stored in the C fixed in the tree into the forest floor. There were no differences in the C stored in the forest floor between communities (165.97 tC ha<sup>-1</sup>), regardless of the ST applied. The results are useful for decision-making by designers of public policies aimed at improving forest management, which have an influence on the amounts of C stored in the ecosystem.

**Index words:** Aboveground biomass, community forests, forest floor, forest practices, silvicultural treatments.

---

Tesis de Doctorado, Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola, División de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Pablo Espinoza Zúñiga

Director de tesis: Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez

### 3.3 Introduction

Los bosques proveen múltiples servicios ecosistémicos, como el secuestro de carbono, el ciclo del agua, el hábitat para la fauna silvestre, entre otros (Gardner *et al.* 2009). Grandes extensiones de estos ecosistemas se han degradado por actividades antropogénicas, al tiempo que la demanda de productos forestales va en aumento, generando problemas ambientales, como la erosión del suelo, pérdida de la biodiversidad y la emisión masiva de CO<sub>2</sub> (Damette y Delacote 2011). Hace más de dos décadas surgió el Forest Stewardship Council (FSC) motivado principalmente por Organizaciones no Gubernamentales (ONG), pueblos indígenas y otras partes interesadas, para promover mejores prácticas de gestión forestal (Auld *et al.* 2008), así como para hacer frente a los problemas de deforestación y degradación de bosques y selvas (Rametsteiner y Simula 2003).

El FSC centra sus objetivos en aspectos ambientales, sociales y económicos, así como también, en contribuir en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> con la aplicación de mejores prácticas de gestión forestal (Nath Oli y Shrestha 2009, Putz *et al.* 2008). El FSC ha venido recompensando las buenas prácticas forestales, las cuales tienen como consecuencia la preservación de los servicios ecosistémicos, incluidos el secuestro carbono (Charmakar *et al.* 2021). Pettenella y Brotto (2012) mencionan que el FSC puede ser una condición previa para el éxito de la venta de carbono en los mercados nacionales e internacionales.

El calentamiento global amenaza la continua provisión de los servicios ecosistémicos (Lamsal *et al.* 2017). El Acuerdo de París enfatiza la búsqueda de soluciones que contrarresten los efectos del cambio climático (Charmakar *et al.* 2021). Los bosques son una solución efectiva para lograr esto. De acuerdo con datos de Federici *et al.* (2015) los bosques, fijan alrededor de 2.52 Gt de carbono por año.

La investigación sobre contenidos de carbono se enfoca principalmente en biomasa o materia seca, esto permite conocer el funcionamiento, estructura y dinámica del carbono fijado en el árbol. Sin embargo, es necesario incluir en estos estudios el carbono almacenado en otras estructuras y compartimentos como el piso forestal, ya que es ahí donde se fijan grandes cantidades de carbono mediante la incorporación de biomasa procedente de la abscisión de las plantas (Chávez-Pascual *et al.* 2013, Chávez-Pascual *et al.* 2017, Schulp *et al.* 2008).

A pesar de que en México se han realizado estudios que miden los contenidos de C, no hay evidencia sobre si las actividades de manejo forestal bajo el enfoque de la certificación forestal del FSC tienen influencia sobre los montos de C almacenados en la estructura arbórea y piso forestal. Cortés-Pérez *et al.* (2021) cuantifican los contenidos de C en la biomasa aérea de bosques templados de Oaxaca considerando tres sistemas silvícolas y concluyen que los bosques manejados con el método mexicano de ordenación de bosques irregulares (MMOBI) tienen mayor potencial para almacenar C respecto al método de desarrollo silvícola (MDS); por otro lado, Leyva-Pablo *et al.* (2021) midieron el efecto de dos manejos silvícolas, después de 21 años de reforestación, sobre el secuestro de C en el suelo, encontraron que el MMOBI favorece los almacenes de C en el suelo. Monárrez-González *et al.* (2018) evaluaron el efecto del manejo forestal en bosques templados de México sobre los montos de C, sus resultados muestran que las prácticas de gestión forestal favorecen el abastecimiento de madera y las reservas de C; Ríos-Camey *et al.* (2021) mediante el ajuste de modelos de crecimiento cuantificaron incremento en biomasa y C en bosques de *Pinus teocote* y *P. oocarpa* en Guerrero, mencionan que los modelos de crecimiento son eficientes para estimar e inferir la captura de C con base en la técnica de análisis troncal. Ordóñez Díaz *et al.* (2014) realizaron dos estimaciones, conservadora y real del contenido de C en la biomasa de bosques conservados y bajo manejo en el estado de Michoacán, concluyen que el área de estudio tiene potencial para participar en proyectos de bonos de carbono.

El manejo forestal tiene un papel importante en la concentración de biomasa en los bosques bajo aprovechamiento (Chávez-Pascual *et al.* 2017), por su parte el FSC promueve mejores prácticas de gestión forestal para garantizar la conservación y/o restauración de los servicios ecosistémicos. Estas prácticas de gestión tienen repercusiones directas en la fijación de carbono en el piso forestal, el cual no es considerado en el mercado de los bonos de carbono.

San Pedro el Alto, es una comunidad del municipio de Zimatlán de Álvarez, del estado de Oaxaca, la cual lleva casi dos décadas con la certificación de su manejo forestal con el FSC, implementando tratamientos silvícolas y complementarios que permitan la continua provisión de los servicios ecosistémicos, incluidos el secuestro de carbono, por lo que resulta necesario medir el efecto de la implementación de las buenas prácticas forestales promovidas por el FSC para determinar el efecto para ver si estas han tenido un efecto en la concentración de carbono en biomasa estructural y subterránea (Serrano-Ramírez *et al.* 2022).

El objetivo de la presente investigación fue estimar los montos de C contenidos en estructuras, compartimentos y suelo en función de tratamientos silvícolas y la certificación de FSC en comunidades forestales del sur de México; con la hipótesis de que incluyendo el carbono secuestrado en todo el ecosistema se puede tener un incremento mínimo del 100%.

### **3.4 Materiales y métodos**

#### **3.4.1 Antecedentes del área de estudio**

En el 2021, a fin de elegir las comunidades que participarían en el estudio se construyó una matriz de selección que contenía las siguientes variables: Sistema y tratamiento silvícola, ciclo y turno de corta, incremento medio y corriente anual, tipo de propiedad y tamaño del aprovechamiento. Fueron seleccionadas las localidades de San Pedro el Alto (con manejo forestal certificado) y San Juan Atepec (sin certificación), localizadas al sur y al norte del estado de Oaxaca, México. La localidad con FSC tiene desde hace más de dos décadas la certificación de su manejo forestal y la localidad sin certificación opera su gestión forestal sin certificación alguna. Se establecieron 12 sitios de muestreo (SM) de 400 m<sup>2</sup> en las dos comunidades, las cuales presentaron condiciones homogéneas de estructura residual. Los SM tienen una altitud promedio de 2,650 m, con pendientes entre 20 y 60% (Figura 1).

Los SM fueron delimitados circularmente con la ayuda de un GPS (*global positioning system*) (Garmin eTrex 30, USA). Se estructuró un formato inventario para arbolado, en el cual, en cada SM se tomaron los diámetros normales (DN, cm)  $\geq 7.5$  cm con la ayuda de una cinta diamétrica (Forestry Suppliers 283d), altura total (AT, m) con la ayuda de un clinómetro electrónico (Haglöf ECII D) y la edad (E) obtenida con una barrena forestal (REF: BS400 a BS405), así como también, se fueron registrando las especies de los árboles.

Con la finalidad de homogeneizar las intervenciones de manejo forestal en ambas muestras, se seleccionaron dos tratamientos silviculturales: cuarto aclareo y corta de regeneración. De cada tratamiento silvícola, se delimitaron tres repeticiones en ambas localidades. Los SM presentan una homogeneidad en la conformación de las especies, conteniendo: *Pinus tecunumanii* F. Schwerdtf. ex Eguliz & J.P. Perry, *P. douglasiana* Martínez, *P. patula* Schiede ex Schltdl. & Cham, *P. pseudostrobus* Lindl, *P. montezumae* Lamb, *P. rudis* Endl, *Quercus rugosa* Née, *Q. laurina* Humb et Bonpl. El DN promedio en los SM de la muestra tratamiento con intervención silvícola aclareo fue de 52 cm, con una AT promedio de 37 m y una edad promedio de 61 años. Para los SM

establecidos en la intervención silvícola corta de regeneración, los promedios fueron DN= 31 cm, AT= 18 m y E= 44 años. Para la muestra control, el promedio del DN en los SM con intervención silvícola aclareo fue de 19 cm, altura promedio de 12 m y edad promedio de 50 años y en la intervención silvícola corta de regeneración se encontró un DN promedio de 59 cm, una altura de 34 m y una edad promedio de 70 años.

### 3.4.2 Medición de los contenidos biomasa por compartimento

Para el cálculo de la biomasa arbórea, se realizó el inventario forestal incluyendo variables dasométricas; utilizando el sistema biométrico para la planeación del manejo forestal sustentable de los ecosistemas con potencial maderable en México (Vargas-Larreta *et al.* 2017); se estimó el volumen total árbol (m<sup>3</sup>) por especie y se extrajo con taladro de Pressler una muestra de cilindro a los árboles, a la altura de 1.30 m. Los cilindros de madera fueron medidos con vernier en tres diámetros (cm) y su longitud y su volumen (VOLc, cm<sup>3</sup>) se estimó mediante la ecuación de Newton (Ecuación 1); las muestras fueron secadas en estufa (Memmert modelo 100-800, Alemania) a una temperatura de 102 °C en laboratorio hasta obtener peso constante y obtener peso seco (PS, g). El cociente entre PS/VOLc generó la gravedad específica de la madera (g cm<sup>-3</sup>) y el producto de esta última y el volumen del árbol generó la biomasa por árbol (kg).

$$VOLc = \frac{L}{6} (S_0 + 4S_m + S_l)$$

Donde: VOLc = Volumen del cilindro (cm<sup>3</sup>), L= Longitud del cilindro (cm), S<sub>0,1,2</sub>= Área de la sección transversal (cm<sup>2</sup>) =  $\pi/4 \times (\text{diámetro del cilindro})^2$ .

Los SM circulares de 400 m<sup>2</sup> se dividieron en cuatro cuadrantes (I, II, III, IV). Se determinó, la biomasa de arbustos y necromasa en subparcelas encontradas de 9 m<sup>2</sup> en los cuadrantes II y IV. La biomasa de herbáceas, hojarasca, suelo y humus se midió en cuatro subparcelas de 1 m<sup>2</sup> distribuidas en los cuatro cuadrantes. La muestra de suelo, se obtuvo a una profundidad máxima de 30 cm usando un tubo de PVC® con un diámetro de 5.7 cm. De cada subparcela, se obtuvo un total de la biomasa en fresco y con ello, se determinó el peso fresco (PF, kg) usando una báscula Romana de Resorte, Pretul 50 kg 21254; se recolectaron y se identificaron en bolsas de papel, muestras de aproximadamente entre 100 y 500 g con la finalidad de determinar PF y peso seco (PS, kg). Posteriormente, las muestras fueron secadas en una estufa (Memmert modelo 100-800,

Alemania) a una temperatura de entre 75 °C y 100 °C en laboratorio. La biomasa total de cada compartimento se obtuvo mediante factores de conversión (PS/PF) (Chávez-Pascual et al. 2017).

### **3.4.3 Análisis de contenido de carbono**

De las seis muestras de biomasa del compartimento de necromasa y arbustivo se tomó una mezcla compuesta y fue colocada en bolsa de papel identificada por tratamiento, compartimento y por localidad. Por otro lado, de las 12 muestras de biomasa del compartimento herbáceo, hojarasca, humus y suelo se hizo una mezcla compuesta identificada por localidad, tratamiento y compartimento. Las mezclas compuestas fueron enviadas al Laboratorio Nacional de Investigación y Servicio Agroalimentario y Forestal de la Universidad Autónoma Chapingo. El porcentaje de carbono se obtuvo mediante el método de Cuantificación en Analizador de Carbono Total. Los contenidos de C generados en laboratorio se utilizaron para inferir los montos de carbono estructural, de compartimentos y suelo (Hernández Vázquez *et al.* 2012).

### **3.4.4 Manejo y análisis estadístico de datos**

El manejo y análisis de los datos se llevó a cabo con el paquete estadístico SAS (SAS 2014). Usando las pruebas de Shapiro-Wilk (procedimiento UNIVARIATE) y Bartlett, se comprobaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. Los datos de biomasa arbustiva se transformaron a  $\sqrt{x}$ . Para la evaluación de los datos, se utilizó análisis de varianza (PROC GML) y la prueba de separación de medias (Tukey, 0.05) bajo un diseño completamente aleatorio con arreglo factorial 2x2 (localidades, sistemas silvícolas). Se realizaron contrastes ortogonales para contrastar interacciones significativas de los factores. Se hicieron pruebas pareadas de t Student ( $\alpha=0.05$ ) entre los montos de carbono estructural del árbol y piso forestal. Finalmente, se hizo un análisis clúster para clasificar los sitios de muestreo evaluados en función a los montos de C contenido en la biomasa y suelo.

## **3.5 Resultados**

Las localidades certificada y no certificada no mostraron diferencias estadísticas significativas ( $p > 0.05$ ) en los montos de biomasa en árboles, necromasa y hojarasca, así como también, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los contenidos de carbono en árboles, necromasa, arbustos y suelo. Por el contrario, se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en la concentración de biomasa y carbono de herbáceas y humus (Cuadro 1).

Los TS sólo se diferenciaron ( $p \leq 0.05$ ) en los contenidos de biomasa en herbáceas y hojarasca y en los contenidos de C de este último compartimento; el resto de las variables fueron estadísticamente iguales. Sin embargo, la interacción Loc×TS mostró diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) en casi todas las estructuras y compartimentos evaluados, excepto necromasa, herbáceas y humus. El CV mostró una alta heterogeneidad para el compartimento Bus\_C = 69.6%, siendo éste el valor más alto; por otro lado, el C en suelo mostró el menor CV = 11.0%, indicativo de una mayor homogeneidad (Cuadro 1).

Los montos de C contenidos en la biomasa estructural y de compartimentos de la comunidad certificada fueron superiores entre 10.8 y 900%, sin embargo, en el compartimento humus, la comunidad no certificada tiene 233.7% más C (Cuadro 2).

Las cortas de regeneración tuvieron 75.8% más de C que el tratamiento de aclareo; esto es indicativo, que independientemente de la comunidad, los TS fueron correctamente estandarizados, ya que las estructuras (árboles) y compartimentos de mayores montos (suelo, humus) fueron estadísticamente iguales.

Analizando los factores individuales, el papel del FSC no muestra efecto claro en las concentraciones de biomasa y carbono; sin embargo, en la interacción se observa un efecto altamente significativo ( $p \leq 0.01$ ) en casi todos los compartimentos evaluados, con excepción de los compartimentos necromasa, herbácea y humus en biomasa y C (Cuadro 2). En el análisis de contrastes ortogonales se detectaron diferencias significativas ( $p \leq 0.02$ ) entre ambas comunidades, al comparar el mismo TS de aclareo en los montos de C secuestrado en la parte estructural de los árboles, la comunidad certificada generó 334% (139.8 vs 32.2 tC ha<sup>-1</sup>) (Figura 2A); sin embargo, en el TS cortas de regeneración esta relación se invierte, teniendo la comunidad no certificada 98.8 tC ha<sup>-1</sup>, que representa un incremento de 68.9% ( $p \leq 0.02$ ). El mismo TS es aplicado de diferente manera entre comunidades con FSC y sin certificación, sin embargo, en campo se observó que en comunidad no certificada tenía una densidad residual de 508 árboles ha<sup>-1</sup> con volumen de 9.36 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, a diferencia de la comunidad certificada donde se encontró una densidad residual de 216 árboles ha<sup>-1</sup> y volumen de 4.72 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Con respecto a los residuos de la actividad del aprovechamiento se encontró que estos estaban dispersos a granel por toda el área sin la aplicación de alguna actividad complementaria. En el TS corta de regeneración aplicado en la comunidad no certificada tenía una densidad residual promedio de 91 árboles ha<sup>-1</sup>, con un

volumen de  $5.28 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , mientras que en la localidad certificada tenía una densidad residual promedio de 66 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , un volumen de  $1.97 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , por otro lado, el material residual derivado del aprovechamiento no tenía un adecuado acomodo en curvas a nivel.

Al comparar las estructuras vegetales (arbustos y herbáceas) y compartimentos (necromasa, hojarasca, humus y suelo) no incluidos en los montos de C, los contrastes ortogonales mostraron diferencias ( $p \leq 0.02$ ) entre ambas comunidades, teniendo la localidad certificada 24.9% mayor cantidad ( $178.0 \text{ tC ha}^{-1}$ ); en el mismo sentido, esta situación se revierte en el TS cortas de regeneración, donde la localidad sin certificación presenta un incremento porcentual de 20.1% ( $p \leq 0.02$ ) con un monto promedio de  $198.1 \text{ tC ha}^{-1}$ .

El análisis clúster (Figura 3) separa a una distancia de 46.79 dos grupos (A y B), en el grupo A incluye en general las cortas de regeneración de San Pedro y los TS de aclareo de San Juan Atepec, en este grupo se hace una separación de A T3 a una distancia de 22.33; el grupo B a una distancia promedio de 27.85, separa el sitio A\_RC3 dejando seis sitios de la comunidad con certificación (ovalado Figura 3). Esto indica que hay similitud en la concentración de carbono en el piso forestal en estos sitios sin importar el tipo de tratamiento. Esta similitud puede deberse a que las cortas de regeneración en los sitios de la localidad sin certificación tenían altas densidades de árboles, lo cual sugiere que no se está aplicando el tratamiento como lo establecen los criterios técnicos.

### 3.6 Discusión

A nivel localidad (certificada vs no certificada) los resultados no muestran diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en la acumulación de biomasa (árboles, necromasa y hojarasca) y montos de carbono (necromasa, arbustos y suelo), sólo se logran diferenciar las estructuras herbáceas y arbustivas, así como el compartimento del humus. A través de los años se entiende que una comunidad certificada va acumulando mayores montos al piso forestal por las buenas prácticas forestales a las que obliga la certificación: pica del material, acomodo de material, remoción de materia orgánica, limpieza de arbustos y herbáceas. Al respecto, Charmakar *et al.* (2021) concluyen que aun con sus limitaciones espaciales y temporales las prácticas forestales certificadas contribuyen en la restauración de los bosques degradados, mejoran las prácticas forestales y que, además, estas actividades pueden mejorar los montos de carbono, los cuales pueden ser colocados en los mercados voluntarios de carbono. Otro punto importante es que las comunidades forestales tengan

o no una certificación, se organizan para tomar acciones sobre sus recursos, al tiempo que hoy día son conscientes de la importancia de los bosques en la contribución de servicios ecosistémicos, incluido el secuestro de carbono, el cual incorporado al mercado voluntario puede diversificar la economía local. En este sentido, Ramírez *et al.* (2019) mencionan que las comunidades forestales indígenas a través del manejo de sus bosques pueden contribuir de manera importante en la continua provisión de los servicios ecosistémicos. La organización comunitaria, gobernanza local de los bosques, así como acciones participativas dentro de la comunidad orientadas a la gestión de sus recursos forestales son acciones que contribuyen en la mitigación del cambio climático (Sheppard *et al.* 2011). Del mismo modo, los tratamientos silvícolas (ST) solo mostraron diferencias ( $p < 0.05$ ) en los contenidos de biomasa en herbáceas y hojarasca y en los montos de carbono solo en este último compartimento.

Por si solos, Loc y TS no muestran un efecto claro de la certificación forestal FSC en la concentración de biomasa y carbono; sin embargo, en la interacción entre ambos factores se aprecia un efecto altamente significativo ( $p \leq 0.01$ ) en la mayoría de los compartimentos evaluados. Esta diferencia entre ambas comunidades puede deberse principalmente en la manera de aplicar los TS, ya que en los contrastes ortogonales se observaron diferencias significativas en la parte estructural de los árboles ( $p \leq 0.02$ ) entre ambas comunidades al hacer la comparación entre los tratamientos. Se pudo denotar que el TS aclareo en la localidad certificada tenía un efecto positivo en los montos de carbono, almacenando 334% más respecto a la comunidad no certificada. Sin embargo, el TS corta de regeneración en la localidad no certificada tuvo un incremento de 68.9% más respecto a la localidad certificada, este incremento se explica al observar en campo mayor densidad residual y menor intensidad de corta. En este sentido, Monárrez-González *et al.* (2018) mencionan que un bosque bajo un adecuado manejo permite una mejor estructura del arbolado favoreciendo el secuestro de carbono. Por otro lado, Rodríguez-Ortiz *et al.* (2011) concluyen que los tratamientos silvícolas desempeñan un papel importante en la acumulación de biomasa en la estructura del árbol, ya que una vez aplicado el TS aclareo se generan mejores condiciones de competencia por nutrientes, luz solar y agua.

El TS aclareo en la localidad certificada tuvo menor densidad de árboles y un menor volumen residual respecto a la comunidad no certificada; sin embargo, los nuestros resultados muestran un mayor contenido de C en la estructura del árbol, esto concuerda con lo señalado por Chávez-Pascual *et al.* (2017) quienes mencionan que eliminar árboles (aclareo) puede disminuir la biomasa

en pie a nivel rodal, pero pasado 3-5 años se recupera la productividad inicial y la superan, y que los bosques sin un adecuado manejo pueden aumentar la biomasa pero esta disminuye a nivel árbol. En este sentido, Cortés-Pérez *et al.* (2021), Lecina-Díaz *et al.* (2018) señalan que un bosque manejado adecuadamente incrementa los montos de biomasa, esto significa que una adecuada densidad y diversidad arbórea permite mayores concentraciones de C.

De acuerdo con Rontard *et al.* (2020) actualmente el mercado voluntario de créditos de carbono, únicamente considera lo que se almacena en la biomasa del árbol sin tomar en cuenta otros compartimentos del ecosistema. En relación a esto, y considerando que los estudios en su mayoría se refieren únicamente al carbono estructural del árbol, Ordóñez Díaz *et al.* (2014) encontraron que un bosque de pino-encino bajo manejo almacena en la biomasa del árbol un promedio de 129.1 tC ha<sup>-1</sup> y concluyen que estos montos tienen potencial para ser colocados en los mercados de carbono; por otro lado, Cortés-Pérez *et al.* (2021) evaluaron el carbono aéreo almacenado en bosques templados de Oaxaca y señalan que un bosque sin manejo almacena en promedio 164.7 tC ha<sup>-1</sup>, aquí es importante considerar que estos montos tienen potencial para ser colocados en los mercados de carbono; sin embargo, no son aprovechados para producción maderable. A diferencia de estos estudios, este análisis incluye el carbono almacenado en el piso forestal y se observa que estos montos pueden ser considerados en el mercado de créditos de carbono, ya que los resultados muestran que la localidad certificada en el TS aclareo en arbustos, herbáceas, necromasa, hojarasca, humus y suelo tuvo mayor carbono almacenado con 178.0 tC ha<sup>-1</sup>, a diferencia de lo que se almacena en la parte estructural del árbol con 139.7 tC ha<sup>-1</sup>. En el mismo sentido, esta situación se revierte en el TS cortas de regeneración, donde la localidad sin certificación presenta un incremento porcentual de 20.1% ( $p \leq 0.02$ ) con un monto promedio de 198.1 tC ha<sup>-1</sup>. Estos resultados indican que ambas localidades tienen potencial para poder participar en el mercado voluntario de carbono, considerando lo que se almacena en el piso forestal.

Con respecto a los compartimentos del piso forestal, la comunidad certificada para el TS aclareo mostró diferencias significativas en el aumento de carbono con 862% en la estructura vegetal arbustiva, pero esta situación se revirtió en el TS corta de regeneración, ya que la comunidad no certificada tuvo un aumento del 20% respecto a la comunidad certificada. La hojarasca en ambos TS en la comunidad no certificada mostró mayores contenidos de carbono con un promedio de 80%. En lo que se refiere al carbono contenido en el suelo en la comunidad certificada, el TS

aclareo tuvo un aumento en el secuestro de carbono de 59%; sin embargo, en la comunidad no certificada, el TS corta de regeneración mostró mayores concentraciones de carbono con un 25% más respecto a la comunidad certificada.

Los resultados de esta investigación dejan a la vista que las actividades del manejo forestal tienen un papel muy importante en las concentraciones de carbono en el piso forestal, otra actividad forestal que permite mayor o menor concentración de biomasa y carbono son las actividades complementarias aplicadas después de la extracción de madera. En campo se pudo observar que en la comunidad no certificada los dos TS evaluados tenían altas densidades de árboles (508 árboles ha<sup>-1</sup> para aclareo y 91 árboles ha<sup>-1</sup> para corta de regeneración), más diversidad de especies y no había un seguimiento adecuado de actividades complementarias como el acomodo de residuos derivados del aprovechamiento. Schulp *et al.* (2008) señalan que las especies y grupos de árboles tienen influencia en las existencias de carbono en el piso forestal. Por otro lado, Garrett *et al.* (2021) mencionan que es importante evitar remociones severas de los residuos derivados del aprovechamiento para aumentar los montos de carbono y mantener la productividad del sitio a largo plazo. Algunos autores como Hedde *et al.* (2008) resaltan la importancia de desarrollar actividades de extracción que reduzcan lo más que se pueda impactos negativos en el piso forestal, ya que durante las intervenciones de manejo el suelo es alterado, lo cual disminuye los montos de carbono contenidos en el piso forestal, pero que, pasado un periodo de tiempo, recupera su productividad. Sin embargo, Johnson y Curtis (2001) no encontraron efectos claros del manejo en general sobre el piso forestal, sino que más bien, los efectos tenían relación con las especies de los árboles y muy puntualmente sobre el tipo de gestión. En este mismo sentido, Jandl *et al.* (2007) encontraron que las perturbaciones o alteraciones mejoran la mineralización del suelo.

### **3.7 Conclusiones**

Los bosques comunitarios en ambas localidades con manejo forestal maderable, certificados o no por el Forest Stewardship Council (FSC), pueden incrementar en 120.2% (90.61 tC ha<sup>-1</sup>) el secuestro de carbono (C), al incorporar el piso forestal a los montos almacenados en el C estructural del árbol (75.26 tC ha<sup>-1</sup>). Por otro lado, las actividades de manejo forestal asociadas a la certificación, el tratamiento silvícola (TS) aclareo genera mayores reservas de C en la estructura arbórea (107.57 tC ha<sup>-1</sup>), que representa 334% más C respecto al manejo forestal sin certificación. El tratamiento silvícola Corta de Regeneración (CR), mostró un decremento en los montos de carbono en la

comunidad con gestión forestal certificado en 221% (68.05 tC ha<sup>-1</sup>); sin embargo, a pesar de esto, se observa que los rodales bajo el FSC, generan en cualquier TS mayores reservas de C estructural arbóreo (39.52 tC ha<sup>-1</sup>). Finalmente, a nivel piso forestal los montos de C no se diferenciaron entre comunidades (con FSC vs sin FSC), generando 165.97 tC ha<sup>-1</sup>, independiente del TS que se aplique. Las estimaciones de C almacenados en estructuras y compartimentos del piso forestal de los bosques manejados bajo el enfoque de la certificación forestal FSC, pueden ser de utilidad para los tomadores de decisiones sobre la implementación de estrategias que permitan mejorar las actividades de gestión forestal, las cuales repercuten positivamente en los incrementos de los montos de C a nivel árbol y piso forestal. Estos hallazgos, también tienen implicaciones en los mercados voluntarios de C, ya que pueden servir como una línea base para incorporar en estos mercados los montos de C almacenados en el piso forestal, sin dejar la producción forestal maderable, diversificando las economías de las localidades que dependen directamente de los bosques.

### **3.8 Agradecimientos**

A las autoridades comunales de San Pedro el Alto, Zimatlán y San Juan Bautista Atepec, Oaxaca. Al Ing. Raúl Moisés Hernández Cortez encargado de los Servicios Técnicos Forestales de la comunidad de San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. Al Ing. Octavio Pérez Pérez prestador de Servicios Técnicos de la comunidad de San Juan Bautista Atepec, Oaxaca. Al Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), por la herramienta y material de laboratorio para procesar las muestras de campo. A mi amigo y compañero Leonel Enrique Hernández González por su apoyo y consejos.

### **3.9 Literatura citada**

- Auld G, Gulbrandsen LH, McDermott CL (2008) Certification schemes and the impacts on forests and forestry. *Annual Review of Environment and Resources* 33: 187-211.
- Charmakar S, Oli Nath B, Joshi Raj N, Maraseni Narayan T, Atreya K (2021) Forest carbon storage and species richness in FSC Certified and non-certified community forests in Nepal. *Small-scale Forestry* 20: 199-219.
- Chávez-Pascual EY, Rodríguez-Ortiz G, Carrillo-Rodríguez JC, Enríquez-del Valle JR, Chávez-Servia JL, Campos-Ángeles GV (2013) Factores de expansión de biomasa aérea para *Pinus chiapensis* (Mart.) Andresen. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3: 1272-1284.

- Chávez-Pascual EY, Rodríguez-Ortiz G, Enríquez-del Valle RJ, Velasco-Velasco VA, Gómez-Cárdenas M, (2017) Compartimentos de biomasa aérea en rodales de *Pinus oaxacana* bajo tratamientos silvícolas. *Madera Bosques* 23(3): 147-161.
- Cortés-Pérez M, León-González F, Paz-Pellat F, Leyva-Pablo T, Santiago-García W, Ponce-Mendoza A, Fuentes-Ponce M (2021) Almacenamiento de carbono aéreo en un bosque templado de Oaxaca: manejo de alta y baja intensidad. *Madera y Bosques* 27(4): DOI: 10.21829/myb.2021.2742440.
- Damette O, Delacote P (2011) Unsustainable timber harvesting, deforestation and the role of certification. *Ecological Economics* 70(6): 1211-1219. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2011.01.025.
- Federici S, Tubiello FN, Salvatore M, Jacobs H, Schmidhuber J (2015) New estimates of CO2 Forest emissions and removals: 1990-2015. *Forest Ecology and Management* 352: 89-98.
- Gardner TA, Barlow J, Chazdon R, Ewers RM, Harvey CA, Peres CA, Sodhi NS (2009) Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world. *Ecology Letters* 12: 561-582.
- Garrett LG, Smaill SJ, Beets PN, Kimberley MO, Clinton PW (2021) Impacts of forest harvest removal and fertiliser additions on end of rotation biomass, carbon and nutrient stocks of *Pinus radiata*. *Forest Ecology and Management* 493. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119161.
- Hedde M, Aubert M, Decaëns T, Bureau F (2008) Dynamics of soil carbon in a beechwood chronosequence forest. *Forest Ecology and Management* 255: 193-202.
- Hernández Vásquez E, Campos Ángeles GV, Enríquez Del Valle R, Rodríguez-Ortiz, Arturo GV, Velasco V (2012) Captura de carbono por *Inga jinicuil* Schltdl: En un sistema agroforestal de café bajo sombra. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3: 11-21.
- Jandl R, Lindner M, Vesterdal L, Bauwens B, Baritz R, Hagedorn F, Johnson DW, Minkinen K, Byrne KA (2007) How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma* 137: 253-268.
- Johnson DW, Curtis PS (2001) Effects of forest management on soil C and N storage: meta-analysis. *Forest Ecology and Management* 140: 227-238.

- Lamsal P, Kumar L, Shabani F, Atreya K (2017) The greening of the Himalayas and Tibetan Plateau under climate change. *Global and Planetary Change* 159: 77-92.
- Lecina-Diaz J, Álvarez A, Regos A, Drapeau P, Paquette A, Messier C, Retana J (2018) The positive carbon stocks–biodiversity relationship in forests: co-occurrence and drivers across five subclimates. *Ecological Applications* 28: 1481-1493.
- Leyva-Pablo T, de León-González F, Etchevers-Barra JD, Cortés-Pérez M, Santiago-García W, Mendoza AP, Fuentes-Ponce MH (2021) Carbon storage in forests with community forest management. *Madera y Bosques* 27. DOI: 10.21829/myb.2021.2742421.
- Monárrez-González JC, Pérez-Verdín G, López-González C, Márquez-Linares MA, González-Elizondo MS (2018) Effects of forest management on some ecosystem services in temperate forest ecosystems of Mexico. *Madera y Bosques* 24. DOI: 10.21829/myb.2018.2421569.
- Nath Oli B, Shrestha K (2009) Carbon Status in Forests of Nepal: An Overview. *Journal of Forest and Livelihood* 8: 62-66.
- Ordóñez Díaz JAB, Rivera Vázquez R, Tapia Medina ME, Ahedo Hernández LR (2014) Carbon content and its potential sequestration in the forest biomass of San Pedro Jacuaro, Michoacán State. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6: 7-16.
- Pettenella D, Brotto L (2012) Governance features for successful REDD+ projects organization. *Forest Policy and Economics* 18: 46-52.
- Putz FE, Zuidema PA, Pinard MA, Boot RGA, Sayer JA, Sheil D, Sist, P, Elias, Vanclay JK (2008) Improved tropical forest management for carbon retention. *PLoS Biology* 6: 368-1369.
- Rametsteiner E, Simula M (2003) Forest certification- an instrument to promote sustainable forest management? *Journal of Environmental Management* 67: 87-98.
- Ramírez MI, Benet D, Pérez-Salicrup DR, Skutsch M, Venegas-Pérez Y (2019) Community participation for carbon measurement in forests of the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente* 25: 333-352.

- Ríos-Camey JM, Aguirre-Calderón OA, Treviño-Garza EJ, Jiménez-Pérez J, Alanís-Rodríguez E, De Los Santos-Posadas HM (2021) Biomass and carbon growth and increases of *Pinus teocote* Schltdl. et Cham. And *Pinus oocarpa* Schiede., State of Guerrero, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 12: 81-109.
- Rodríguez-Ortiz G, González-Hernández VA, Aldrete A, De Los Santos-Posadas HM, Gómez-Guerrero LA, Fierros-González AM (2011) Modelos para estimar crecimiento y eficiencia de crecimiento en plantaciones de *Pinus patula* en respuesta al aclareo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34: 205-2011.
- Rontard B, Reyes Hernández H, Aguilar Robledo M (2020) Pagos por captura de carbono en el mercado voluntario en México: diversidad y complejidad de su aplicación en Chiapas y Oaxaca. *Sociedad y Ambiente* 22: 212-236.
- SAS (2014) Programming with Base SAS® 9.4, Second Edition. SAS Institute. Cary, NC. USA. 900p.
- Schulp CJE, Nabuurs GJ, Verburg PH, De Waal RW (2008) Effect of tree species on carbon stocks in forest floor and mineral soil and implications for soil carbon inventories. *Forest Ecology and Management* 256: 482-490.
- Serrano-Ramírez E, Valdez-Lazal JR, De los Santos-Posadas HM, Mora-Gutiérrez RA, Ángeles-Pérez G, Hernández-Cortez RM (2022) San Pedro el Alto, Oaxaca, México: ejemplo de manejo forestal comunitario que detona avance socioeconómico. *Economía y Sociedad* 27: 1–30. DOI: 10.15359/eyes.27-61.1.
- Sheppard SRJ, Shaw A, Flanders D, Burch S, Wiek A, Carmichael J, Robinson J, Cohen S (2011) Future visioning of local climate change: A framework for community engagement and planning with scenarios and visualisation. *Futures* 43: 400-412.
- Vargas-Larreta B, Corral-Rivas JJ, Aguirre-Calderón OA, López-Martínez JO, Santos-Posada HM, Zamudio-Sánchez FJ, Treviño-Garza EJ, Martínez-Salvador M, Aguirre-Calderón CG (2017) SiBiFor: Forest Biometric System for forest management in México. *Revista Chapingo* 23: 437-455.

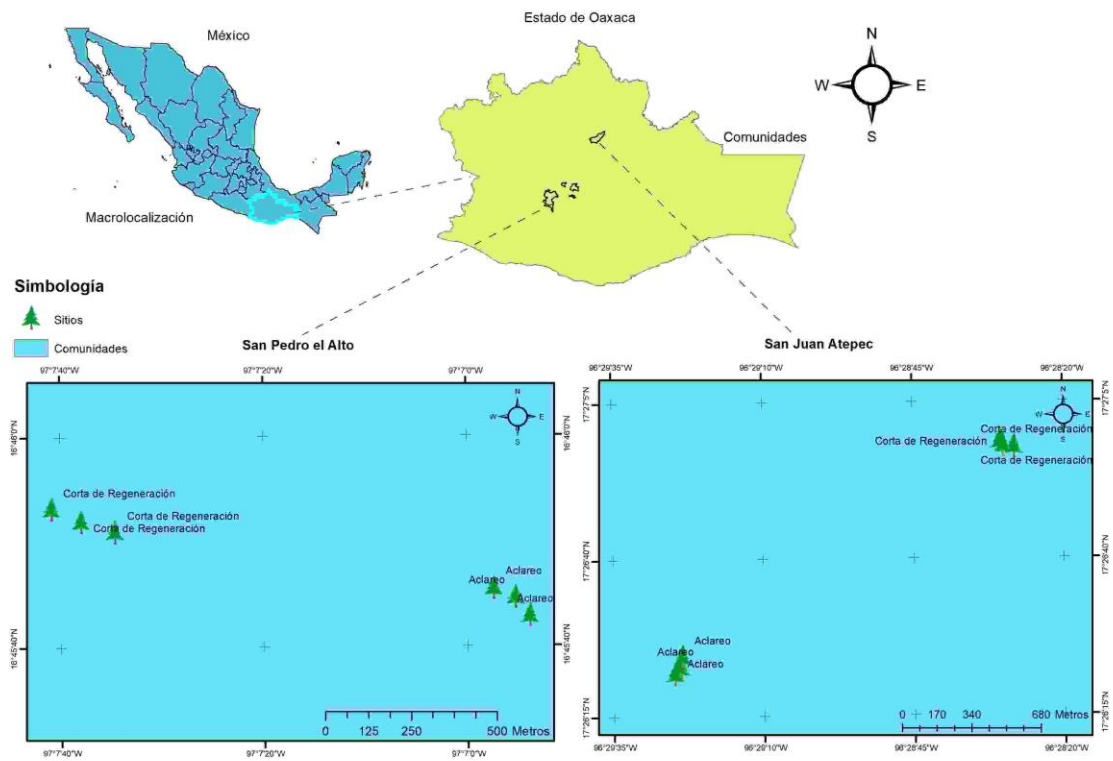
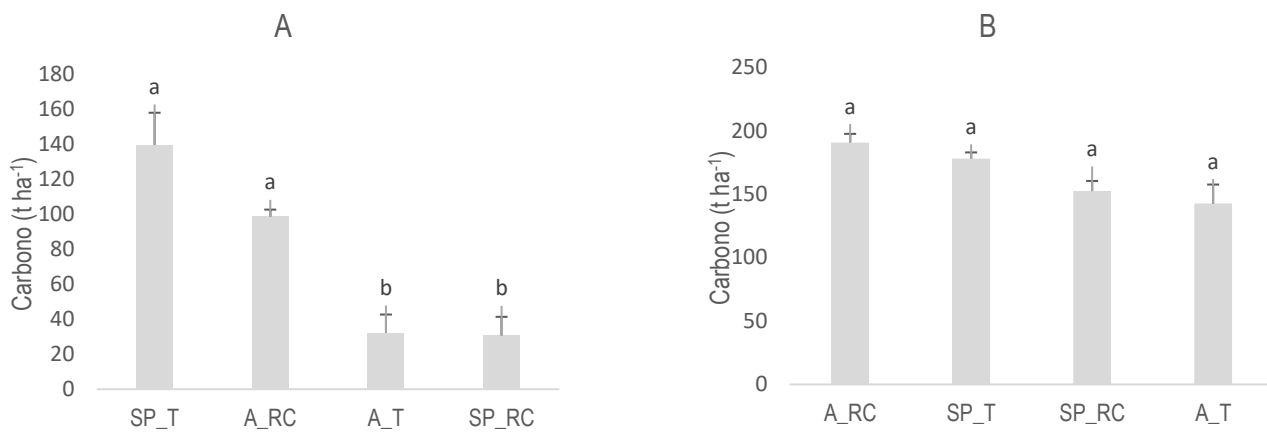
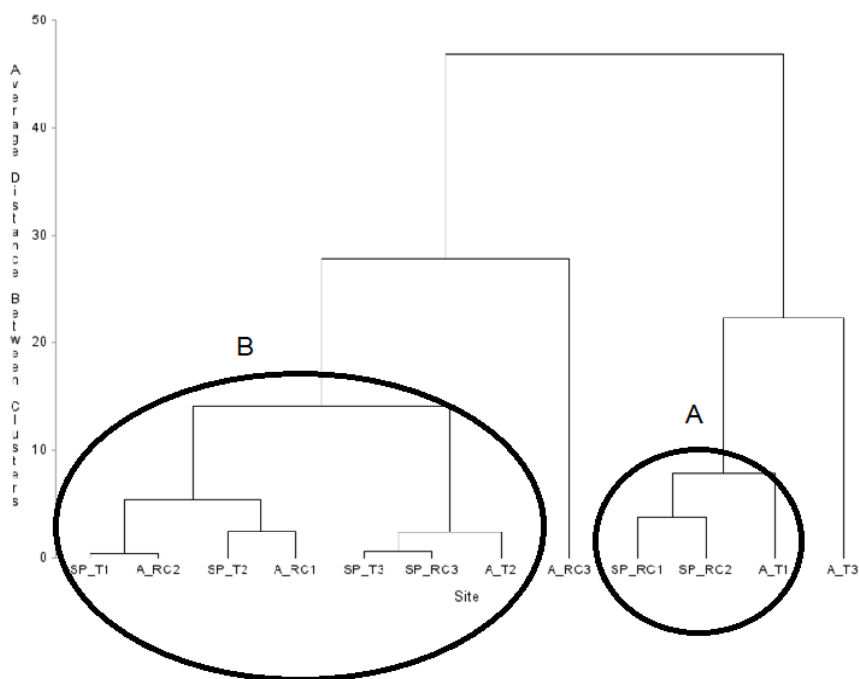


Figura 1. Sitios de muestreo con los tratamientos silvícolas evaluados.



**Figura 2.** Secuestro de carbono en la estructura arbórea (A) vs piso forestal (B) entre tratamientos silvícolas de comunidades no certificadas y certificadas por FSC. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05). Las líneas verticales sobre las barras indican el error estándar, SP= San Pedro, A= Atepec, RC= Regeneration cut, T= Thinning.



**Figura 3.** Interacción de los sitios de muestreo entre grupo de control y tratamiento. SP = San Pedro (certificado con FSC), A = San Juan Atepec (no certificada), T = aclareo, CR = cortas de regeneración.

**Cuadro 1.** Resumen del análisis de varianza en contenidos de carbono en biomasa estructural y de compartimentos.

| Variable           | DF<br>(error) | Loc                   | TS                   | Loc×TS                  | Error  | CV (%) |
|--------------------|---------------|-----------------------|----------------------|-------------------------|--------|--------|
| Tree_B             | 8             | 7437.5 <sup>ns</sup>  | 6658.0 <sup>ns</sup> | 117474.93 <sup>**</sup> | 2158.5 | 27.6   |
| Nec_B              | 8             | 318.2 <sup>ns</sup>   | 87.6 <sup>ns</sup>   | 410.66 <sup>ns</sup>    | 146.6  | 48.1   |
| Bus_B <sup>π</sup> | 8             | 0.90 <sup>*</sup>     | 0.0005 <sup>ns</sup> | 1.62 <sup>**</sup>      | 0.16   | 32     |
| Herb_B             | 8             | 9.80 <sup>**</sup>    | 1.71 <sup>*</sup>    | 0.50 <sup>ns</sup>      | 0.2    | 34.5   |
| Llit_B             | 8             | 5.71 <sup>ns</sup>    | 85.2 <sup>*</sup>    | 73.67 <sup>**</sup>     | 8.7    | 29.6   |
| Humus_B            | 8             | 5728.69 <sup>**</sup> | 86.8 <sup>ns</sup>   | 161.67 <sup>ns</sup>    | 282.8  | 32.4   |
| Tree_C             | 8             | 1171.46 <sup>ns</sup> | 1354.6 <sup>ns</sup> | 23132.94 <sup>**</sup>  | 434.6  | 27.6   |
| Nec_C              | 8             | 45.61 <sup>ns</sup>   | 15.7 <sup>ns</sup>   | 87.41 <sup>ns</sup>     | 31.5   | 48.6   |
| Bus_C              | 8             | 7.35 <sup>ns</sup>    | 0.40 <sup>ns</sup>   | 10.64 <sup>**</sup>     | 1.84   | 69.6   |
| Herb_C             | 8             | 2.34 <sup>**</sup>    | 0.07 <sup>ns</sup>   | 0.0002 <sup>ns</sup>    | 0.08   | 46.3   |
| Llit_C             | 8             | 1.610 <sup>ns</sup>   | 19.3 <sup>*</sup>    | 21.38 <sup>**</sup>     | 2.14   | 31.8   |
| Humus_C            | 8             | 1391.79 <sup>**</sup> | 3.5 <sup>ns</sup>    | 10.67 <sup>ns</sup>     | 42.48  | 32.5   |
| Soil_C             | 8             | 507.65 <sup>ns</sup>  | 295.8 <sup>ns</sup>  | 5651.18 <sup>**</sup>   | 198.8  | 11     |

B = biomasa, C = carbono, Nec = necromasa, Bus = arbustos, Herb = herbáceas, Llit =hojarasca, DF = grados de libertad, Loc = Localidad, TS= tratamiento silvícola, CV = coeficiente de variación, <sup>π</sup> transformación  $\sqrt{x}$ , \* valores significativos de F ( $p \leq 0.05$ ), \*\* valores de F altamente significativos ( $p \leq 0.01$ ), <sup>ns</sup> valores F no significativos ( $p > 0.05$ ).

**Cuadro 2.** Contenidos de carbono en biomasa (t ha<sup>-1</sup>) entre tratamientos silvícolas de la localidad certificada y no certificada por el Forest Stewardship Council.

| Variable | Localidad                |                            | Tratamiento silvícola     |                           |
|----------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
|          | San Pedro                | Atepec                     | Corta de regeneración     | Aclareo                   |
| Tree_B   | 192.9 ± 59 <sup>a</sup>  | 143.11 ± 34.9 <sup>a</sup> | 144.4 ± 34.7 <sup>a</sup> | 191.5 ± 59.4 <sup>a</sup> |
| Nec_B    | 30.3 ± 6.1 <sup>a</sup>  | 20 ± 4.2 <sup>a</sup>      | 27.8 ± 7.6 <sup>a</sup>   | 22.4 ± 2.3 <sup>a</sup>   |
| Bus_B    | 2.7 ± 0.8 <sup>a</sup>   | 1.1 ± 0.3 <sup>a</sup>     | 2.1 ± 0.9 <sup>a</sup>    | 1.7 ± 0.3 <sup>a</sup>    |
| Herb_B   | 2.2 ± 0.3 <sup>a</sup>   | 0.4 ± 0.1 <sup>b</sup>     | 1.7 ± 0.5 <sup>a</sup>    | 0.9 ± 0.3 <sup>b</sup>    |
| Llit_B   | 10.6 ± 2.4 <sup>a</sup>  | 9.2 ± 1.5 <sup>a</sup>     | 7.3 ± 1.1 <sup>b</sup>    | 12.6 ± 1.9 <sup>a</sup>   |
| Humus_B  | 29.9 ± 5.5 <sup>b</sup>  | 73.6 ± 7.3 <sup>a</sup>    | 54.4 ± 11.5 <sup>a</sup>  | 49 ± 11.7 <sup>a</sup>    |
| Tree_C   | 85.2 ± 26.1 <sup>a</sup> | 65.4 ± 15.7 <sup>a</sup>   | 64.7 ± 16 <sup>a</sup>    | 85.9 ± 25.8 <sup>a</sup>  |
| Nec_C    | 13.4 ± 2.7 <sup>a</sup>  | 9.5 ± 2 <sup>a</sup>       | 12.6 ± 3.3 <sup>a</sup>   | 10.3 ± 1.2 <sup>a</sup>   |
| Bus_C    | 2.7 ± 0.8 <sup>a</sup>   | 1.1 ± 0.3 <sup>a</sup>     | 2.1 ± 0.9 <sup>a</sup>    | 1.7 ± 0.3 <sup>a</sup>    |
| Herb_C   | 1 ± 0.1 <sup>a</sup>     | 0.1 ± 0.07 <sup>b</sup>    | 0.7 ± 0.2 <sup>a</sup>    | 0.5 ± 0.2 <sup>a</sup>    |
| Llit_C   | 4.9 ± 1.2 <sup>a</sup>   | 4.2 ± 0.5 <sup>a</sup>     | 3.3 ± 0.5 <sup>b</sup>    | 5.8 ± 1 <sup>a</sup>      |
| Humus_C  | 9.2 ± 1.5 <sup>b</sup>   | 30.7 ± 3 <sup>a</sup>      | 20.5 ± 5.4 <sup>a</sup>   | 19.4 ± 5.3 <sup>a</sup>   |
| Soil_C   | 133.7 ± 8.4 <sup>a</sup> | 120.7 ± 13.4 <sup>a</sup>  | 132.2 ± 7.8 <sup>a</sup>  | 122.2 ± 14 <sup>a</sup>   |

B = biomasa, C = carbono, Nec = necromass, Bus = arbustos, Herb = herbáceas, Llit = hojarasca, a y b = letras distintas por localidad y tratamiento silvícola indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05), ± = error estándar

#### **IV. LA CERTIFICACIÓN FOREST STEWARDSHIP COUNCIL Y SU EFECTO EN EL INGRESO DE LOS COMUNEROS, EN OAXACA, MÉXICO**

#### **FOREST STEWARDSHIP COUNCIL CERTIFICATION AND ITS EFFECT ON THE INCOME OF COMMUNITY MEMBERS, IN OAXACA, MEXICO**

**Pablo Espinoza Zúñiga, Universidad Autónoma Chapingo, México**

[Jaret\\_es\\_zu@hotmail.com](mailto:Jaret_es_zu@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-2582-7800>

**Juan Antonio Leos Rodríguez, Universidad Autónoma Chapingo, México**

[jleos45@gmail.com](mailto:jleos45@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-5009-9251>

**Blanca Margarita Montiel Batalla<sup>1</sup>, Universidad Autónoma de Baja California,  
Mexicali, Baja California, México**

[blanca.montiel@uabc.edu.mx](mailto:blanca.montiel@uabc.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-0959-5365>

**Ramon Valdivia Alcalá, Universidad Autónoma Chapingo, México**

[ramvaldi@gmail.com](mailto:ramvaldi@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-0434-3169>

**Gerardo Rodríguez Ortiz, Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, México**

[geraro65@gmail.com](mailto:geraro65@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-0963-8046>

Fecha de envío:08-05-2023

---

<sup>1</sup>Autor para correspondencia.

## 4.1 Resumen

Se compara el ingreso de comuneros son los dueños que se emplean en un aprovechamiento forestal certificado por el Forest Stewardship Council (FSC) versus uno no certificado, en comunidades de Oaxaca. En 2022 se determinó el valor de línea base mediante 90 entrevistas semiestructuradas en la comunidad certificada y 62 en la no certificada. Usando análisis descriptivos, se obtuvo el ingreso per cápita, el ingreso familiar, y la estructura del ingreso. Se observa una diferencia de \$35.53 en el ingreso mensual individual entre ambas comunidades, las familias de la comunidad certificada ganan \$733.10 más. La certificación ha influido poco en el aumento de los salarios de los trabajadores directos, pero ha desincentivado los procesos migratorios con la generación de alternativas de empleos indirectos.

**PALABRAS CLAVE:** comuneros, línea base, salarios, matriz de selección, ingreso familiar.

---

Tesis de Doctorado, Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola, División de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Pablo Espinoza Zúñiga

Director de tesis: Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez

## 4.2 Abstract

The income of community members are the owners who are employed in a forest exploitation certified by the Forest Stewardship Council (FSC) versus a non-certified one, in communities of Oaxaca. In 2022, the baseline value was determined through 90 semi-structured interviews in the certified community and 62 in the non-certified one. Using descriptive analyses, per capita income, family income, and income structure were obtained. A difference of \$35.53 is observed in the individual monthly income between both communities, the families of the certified community earn \$733.10 more. Certification has had little influence on the increase in the wages of direct workers, but it has discouraged migration processes with the generation of indirect job alternatives.

**KEYWORDS:** community members, baseline, wages, selection matrix, family income.

---

Tesis de Doctorado, Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola, División de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Pablo Espinoza Zúñiga

Director de tesis: Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez

### 4.3 Introducción

En México la gobernanza de los bosques recae en las comunidades indígenas, mediante la tenencia de la tierra “comunal y ejidal”; ésta representa el 53% de la superficie nacional y el 61% de superficie forestal en el país; y ha permitido que las comunidades se organicen para aprovechar sus bosques formando Empresas Forestales Comunitarias (EFC), las cuales se han convertido en una fuente de ingresos económicos para aliviar la pobreza (Abdullah et al., 2021; Harada & Wiyono, 2014; Torres-Rojo et al., 2019). De acuerdo con datos de Frey et al. (2019) el aprovechamiento forestal tiene una producción de madera aproximadamente de 5.5-7.0 millones de m<sup>3</sup>/año, generando ingresos de hasta 500 millones de dólares anuales. Las EFC son una importante fuente de empleo y son generadoras de bienes y servicios públicos; sin embargo, estas deben volverse financieramente más sólidas para tener mayor impacto en los medios de vida de las familias que dependen de ellas (Frey et al., 2019).

Dentro de las ventajas de contar con una EFC se citan la generación de empleo dentro de la localidad, mayores apoyos para obras públicas, estabilidad social, practicar la democracia y conservar los ecosistemas; sin duda las EFC representan una de las mejores alternativas para mejorar las economías de las comunidades rurales de los países en desarrollo como México (Hernández-Aguilar et al., 2017). A pesar de la reconocida contribución de las EFC en la economía y conservación de los bosques en las comunidades rurales del país, se pueden identificar una serie de problemas que debilitan su estructura y funcionamiento, dentro de los cuales podemos encontrar una débil gobernanza local que trae consigo corrupción, tala ilegal, inequidad en la distribución de las ganancias de la venta de los productos maderables, conflicto de intereses dentro de la asamblea de

comuneros, cambios continuos en los programas de gobierno orientados al sector forestal; además de que los métodos silvícolas no son los adecuados, en algunos casos, ya que no se adaptan a las condiciones locales de las comunidades (Hernández-Aguilar et al., 2017; Torres-Rojo et al., 2016).

Se tiene la percepción de que las EFC en México no son financieramente competitivas, por lo que el gobierno ha destinado apoyo financiero y técnico para mejorar su producción y elevar su competitividad. Dentro de las estrategias del gobierno para mejorar este sector productivo ha estado apoyar a las EFC para la certificación forestal del FSC, con la idea de que, mediante este sistema de gobernanza no estatal, voluntario y basado en el mercado aumenten su productividad y mejoren sus prácticas silvícolas (Anta, 2004; Frey et al., 2018). México es uno de los países con más aceptación del FSC en América Latina, hoy día tiene una superficie forestal certificada de 900,389 ha, donde Oaxaca ocupa el tercer lugar nacional con una superficie certificada de 74,752 ha (García-Montiel et al., 2017). A pesar de esto, son pocos los estudios que han medido el impacto de la certificación forestal y, los que se han realizado, en su mayoría, se enfocan solo en aspectos ambientales. Por ejemplo, Blackman et al. (2014) mediante la revisión de las acciones correctivas emitidas por el FSC midieron si ésta tiene beneficios ambientales, en este mismo sentido, Blackman et al. (2018) evaluaron si la certificación del FSC frena la deforestación. Por otro lado, García-Montiel et al. (2017) hicieron un análisis comparativo entre un enfoque de certificación estatal y no estatal. Sin embargo, el impacto de la certificación forestal sobre aspectos socioeconómicos no ha sido considerado en estos estudios.

Es necesario conocer el impacto de las estrategias utilizadas por los gobiernos para mejorar la producción forestal y cómo estas influyen en los medios de subsistencia de las poblaciones que dependen directamente de los bosques (Frey et al., 2019). El objetivo de la presente investigación fue medir el efecto de la certificación forestal del FSC en el ingreso, haciendo un análisis comparativo entre una comunidad certificada y una no certificada en el estado de Oaxaca; con la hipótesis de que la certificación mejora los ingresos de las familias que dependen del aprovechamiento forestal.

#### 4.4 Materiales y métodos

##### 4.4.1 Modelo de diferencias en diferencias

Se seleccionó el modelo econométrico de doble diferencia (Cuadro 3), el cual cuantifica el cambio de una variable a través del tiempo (Noboa, 2016). Este modelo mide el efecto de una variable discreta sobre una variable independiente continua, ya que consiste principalmente en analizar un experimento o cuasi experimento en el que existe un grupo de observaciones con tratamiento y otro grupo de observaciones sin tratamiento, llamado grupo de control; con este modelo se compara el antes y después del cambio entre el grupo de tratamiento y el grupo control para determinar el impacto (Otero, 2008).

**Cuadro 3**  
**Estructura del modelo de diferencia en diferencia**

| Periodo    | Tratamiento     | Control         |
|------------|-----------------|-----------------|
| $t = 2021$ | $Y_{2021}D = 1$ | $Y_{2021}D = 0$ |
| $t = 2024$ | $Y_{2024}D = 1$ | $Y_{2024}D = 0$ |

Fuente: Otero, (2008).

La letra  $Y$  es la variable dependiente la cual cuantifica el impacto de la intervención, el subíndice indica el periodo para el antes y el después; además, de la variable *dummy*

representada por la letra  $D$ , es 1 si pertenece al grupo de tratamiento y 0 si pertenece al grupo de control, esto significa que la variable dependiente está en función de su pertenencia o no a un grupo de tratamiento o de control, pero en cada uno de los periodos (Noboa, 2016). Analíticamente, el modelo de diferencia en diferencia se expresa:

$$t_{dif-endif} = [E(Y_1D = 1) - E(Y_0D = 1)] - [E(Y_1D = 0) - E(Y_0D = 0)]$$

(1)

Este método constituye una herramienta estadística potente, pero requiere supuestos más fuertes, como es la existencia de datos de línea base, ya que consiste en aplicar una doble diferencia, es decir, compara los cambios a lo largo del tiempo en la variable de interés entre una población con tratamiento y una población de comparación.

Con este método se contesta la pregunta ¿qué pasaría si se combinaran los métodos antes y después y el de intervención versus no intervención de dos grupos? La diferencia de los resultados antes-después del grupo de tratamiento (primera diferencia) considera a factores constantes en el tiempo para dicho grupo, ya que se compara al grupo consigo mismo.

Además, una manera de observar los factores que varían en el tiempo es medir el cambio antes y después de los resultados de un grupo que no tuvo una intervención, pero que estuvo expuesto a las mismas condiciones ambientales (segunda diferencia). Si se “limpia” la primera diferencia de otros factores variables en el tiempo que influyen en el resultado de interés sustrayéndole la segunda diferencia, se habrá eliminado la principal causa de sesgo. Por lo tanto, el método de doble diferencia combinaría los dos falsos

contrafactuales (comparaciones antes-después y comparaciones intervenidos-no intervenidos) para generar una mejor estimación del contrafactual.

El contrafactual que se estima es el cambio en los resultados del grupo de tratamiento. Los grupos de tratamiento y de control no tienen que contar necesariamente con las mismas condiciones previas a la intervención. No obstante, para que el método sea válido, el grupo de comparación debe representar el cambio en los resultados que habría experimentado el grupo de tratamiento en ausencia de la intervención. Para aplicar el método solo hace falta medir los resultados del grupo intervenido (el grupo de tratamiento) y del grupo no intervenido (el grupo de control) antes y después (Gertler et al., 2011). En este artículo se analiza la información de la primera medición o línea base.

#### **4.4.2 Antecedentes del área de estudio**

En el 2021, a través de la construcción de una matriz de selección que incluyó tanto parámetros técnicos como socioeconómicos, fueron analizadas las características de 3 localidades certificadas y 3 no certificadas, las cuales se seleccionaron por su importancia forestal en el estado de Oaxaca. Como resultado de dicho análisis, se eligieron las dos que resultaron más homogéneas entre sí, una comunidad certificada como tratamiento (San Pedro el Alto) y una no certificada (Atepec) como control (Cuadro 4).

**Tabla Cuadro 4**

#### **Selección del grupo de tratamiento y control en base a criterios socioeconómicos**

| Criterio                          | San Pedro el Alto | Atepec  |
|-----------------------------------|-------------------|---------|
| Tipo de propiedad                 | Comunal           | Comunal |
| Presencia de servicios turísticos | Sí                | Sí      |
| Servicios ambientales             | Sí                | Sí      |

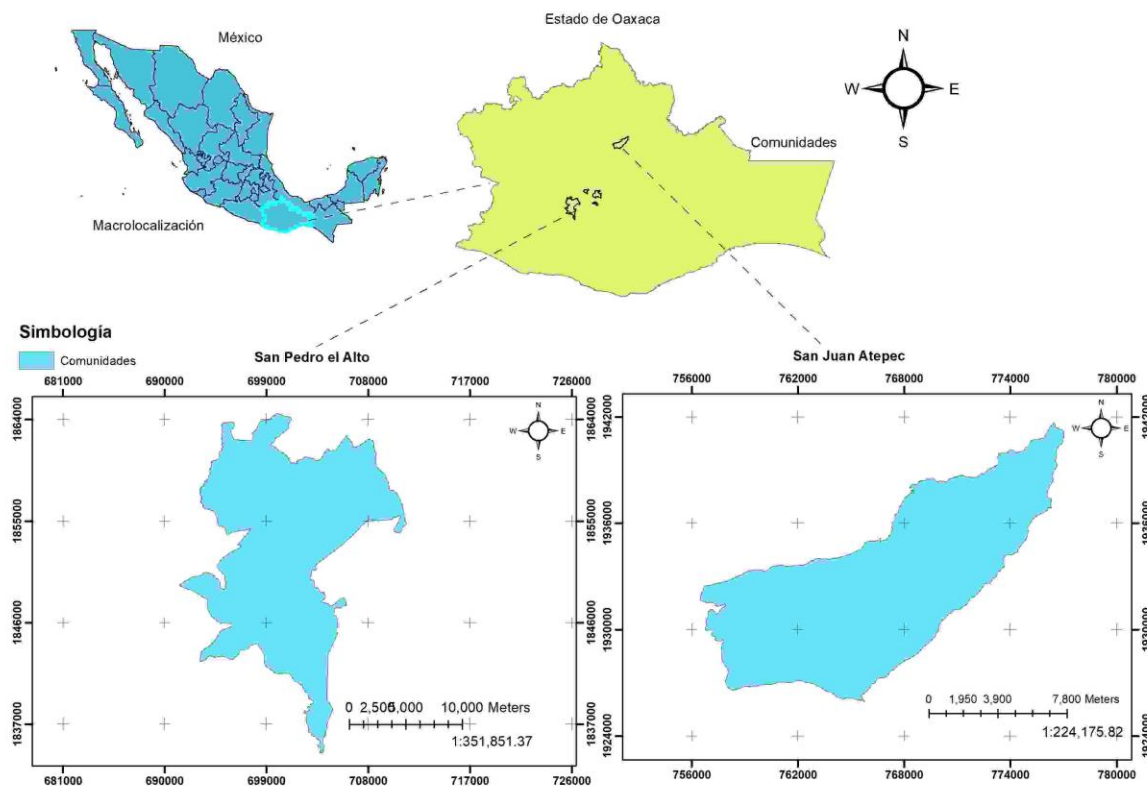
|                                    |                                 |                                 |
|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Presencia de población indígena    | Sí                              | Sí                              |
| Administración del aprovechamiento | Comisariado de Bienes Comunales | Comisariado de Bienes Comunales |

Fuente: Elaboración propia con base en información recabada en campo

La comunidad de San Pedro el Alto (grupo de tratamiento) cuenta con un total de 614 comuneros activos y está ubicada al sur del estado de Oaxaca, tiene desde hace más de dos décadas la certificación del *Forest Stewardship Council* (FSC). Esta comunidad, tiene una superficie de manejo forestal de 17, 156. 154 hectáreas, los tratamientos silvícolas que aplican son aclareos, cortas de regeneración (árboles padres), cortas de liberación con preaclareo y podas, dentro de las especies maderables más importantes tienen *Pinus pseudostrobus*, *P. montezumae*, *P. ocarpa*, *P. patula*, *P. douglasiana*, *P. oaxacana*. Por otro lado, la comunidad de San Juan Atepec (grupo de control) tiene un total de 276 comuneros activos y se ubica al Norte del estado de Oaxaca, opera su gestión forestal sin certificación desde hace más de 3 décadas (Figura 4). Esta localidad tiene una superficie de manejo forestal de 8, 033.2 hectáreas, aplican como tratamiento silvícola de manejo forestal el sistema silvícola mixto, el manejo regular e irregular, basado en los lineamientos técnicos de MMOBI con el tratamiento de corta de selección en grupos y el MSD con la aplicación de 4 aclareos y una corta de regeneración. Las especies maderables más importantes son *P. ayacahuite*, *P. douglasiana*, *P. oaxacana*, *P. patula*, *P. pseudostrobus*.

#### Figura 4

**San Pedro el Alto (grupo de tratamiento) y San Juan Atepec (grupo de control).**



Fuente: Elaboración propia con información obtenida en campo

#### 4.4.3 Técnica de recopilación de datos

La técnica utilizada para la colecta de información fue la encuesta, a través de una entrevista semiestructurada que se aplicó cara a cara a las y los comuneros activos que trabajan y reciben beneficios del aprovechamiento forestal, directamente en las comunidades seleccionadas.

Las preguntas incluidas en la entrevista estuvieron relacionadas con los ingresos individuales y del hogar, derivados y no derivados del aprovechamiento, la calidad y espacios de la vivienda, la calidad del empleo, así como beneficios sociales (Cuadro 5). Para la recogida de la información en campo se utilizó la plataforma de recopilación de datos Epicollect5, con la ayuda de un dispositivo móvil.

## Cuadro 5

### Definición de las variables de estudio

| Variable                          | Definición                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Parámetros                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ingreso                           | Capital económico que acumula un hogar por alguna actividad económica que sea desarrollada por uno más integrantes de la familia (Quintanilla, 2012).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Una familia de cuatro integrantes se encuentra actualmente en situación de pobreza por ingresos si su ingreso mensual es inferior a \$11,290.80 (CONEVAL, 2020).                                                                                                                                          |
| Calidad y espacios de la vivienda | La Ley de Vivienda establece en su artículo 2 que se considera vivienda digna y decorosa a la que cumpla con las disposiciones jurídicas aplicables en materia de asentamientos humanos y construcción, salubridad, cuente con espacios habitables y auxiliares, así como con los servicios básicos y brinde a sus ocupantes seguridad jurídica cuanto a su propiedad (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2019).                                                                                     | Las familias oaxaqueñas tienen derecho a una vivienda digna, segura, salubre y habitable, esta deberá contar con los servicios básicos y dar la seguridad jurídica a sus habitantes respecto a su propiedad y legitimidad (Ley de vivienda para el estado de Oaxaca, 2016)                                |
| Calidad del empleo                | Se entiende por trabajo digno a aquél en el que se respeta plenamente la dignidad humana del trabajador; no existe discriminación por origen étnico o nacional, género, edad, discapacidad, condición social, condiciones de salud, religión; se tiene acceso a la seguridad social, y se percibe un salario remunerador; se recibe capacitación continua y se cuenta con las condiciones óptimas de seguridad e higiene para prevenir riesgos de trabajo (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2022). | La Comisión Nacional de Salarios Mínimos (CONASAMI) establece actualmente que el salario mínimo de una persona es de 5,250 pesos mensuales. Dentro de las prestaciones mínimas de ley se encuentran el aguinaldo, seguro social, reparto de utilidades, día de descanso semanal y un salario competitivo. |
| Beneficios sociales               | El desarrollo social corresponde al progreso donde hay necesidades prioritarias, como por ejemplo mejorar la calidad de vida de las zonas rurales, el desarrollo, de correlacionarse de manera directa con el crecimiento económico y el bienestar de la población (Sandoval et al., 2020).                                                                                                                                                                                                                        | Las organizaciones o empresas implementan actividades adicionales, involucrando a las comunidades locales para que contribuyan al desarrollo social y económico de las mismas (FSC, 2020).                                                                                                                |

#### 4.4.4 Cálculo y tamaño de la muestra

Se consideró como universo de estudio a los comuneros inscritos y vigentes, ya que son los principales beneficiados del aprovechamiento forestal en ambas comunidades. Se utilizó Muestreo Simple Aleatorio con proporciones de varianza máxima, con un 95% de confiabilidad y 10% de precisión (Ecuación 2) para el cálculo y tamaño de la muestra, debido a que no se contaba con información que pudiera utilizarse para identificar la variabilidad de la información. La muestra resultante fue de 90 comuneros para San Pedro el Alto y 62 para la comunidad de San Juan Atepec.

$$n = \frac{N * p * q}{\left[ \left( N - 1 / z^2 \right) * d^2 \right] + pq}$$

(2)

Donde: n= tamaño de la muestra, N= universo de estudio, p= probabilidad de éxito, q= probabilidad de fracaso, z= valor de z para el nivel de confiabilidad de 95%.

#### 4.5 Resultados y discusión

La prueba estadística de comparación de medias mostró homogeneidad para las variables: edad, escolaridad y promedio de integrantes en el hogar. Como se observa en el Cuadro 6, en cada uno de los grupos el p-value es muy grande, indicando la igualdad de medias entre cada variable.

**Cuadro 6**

**Resumen de la comparación de medias entre la muestra tratamiento y control**

| Variable             | San Pedro el Alto | San Juan Atepec | p-value |
|----------------------|-------------------|-----------------|---------|
| Edad promedio        | 38.19             | 38.82           | 0.7675  |
| Escolaridad promedio | 8.62              | 8.80            | 0.7156  |

|                                     |      |      |        |
|-------------------------------------|------|------|--------|
| Promedio de integrantes en el hogar | 3.67 | 3.58 | 0.7272 |
|-------------------------------------|------|------|--------|

Fuente: Elaboración propia con información recabada en campo.

Con base en la prueba Fligner-Killeen se observa en el Cuadro 6 que, a excepción de la edad, la varianza es igual entre ambas muestras para cada variable. Sin embargo, el p-value para la edad es cercano a 0.045, lo cual evidencia que, para significancia pequeña, no se observa diferencia significativa entre las varianzas.

### Cuadro 7

#### Resumen de la prueba Fligner-Killeen de varianzas entre la muestra tratamiento y control

| Variable                           | San Pedro el Alto | San Juan Atepec | p-value |
|------------------------------------|-------------------|-----------------|---------|
| Edad (desv.est)                    | 14.03             | 10.67           | 0.0450  |
| Escolaridad promedio (desv.est)    | 3.22              | 2.82            | 0.5704  |
| Integrantes en el hogar (desv.est) | 1.51              | 1.43            | 0.4964  |

Fuente: Elaboración propia con información recabada en campo.

Se esperaría que la certificación forestal mejorara el desempeño del aprovechamiento forestal en los aspectos socioeconómicos y de gestión, por lo que para cuantificar los efectos es necesario controlar las condiciones existentes de las unidades de manejo (Zubizarreta et al., 2023). Al tener grupos con similares características es más probable que las diferencias que se observen provengan de la intervención y no de sus particularidades o del contexto en el que se desarrollan.

Como se mencionó, en este artículo se analiza el ingreso de los comuneros de ambos grupos, desglosándolo de manera individual y familiar. Con base en la información proporcionada por los comuneros, se calcula que el ingreso promedio mensual individual

de aquellos que se emplean en las actividades del aprovechamiento forestal del grupo de tratamiento asciende a \$6,229.79 y del grupo de control a \$6,194.44, observando que la diferencia entre ambas comunidades es de apenas \$35.53, lo que no es significativo en términos de poder adquisitivo.

La Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (CONASAMI), estableció que el salario mínimo a partir de enero del 2023 en México sea de \$207.44 pesos diarios (Comisión Nacional de los Salarios Mínimos, 2023). Esto significa que, mensualmente un trabajador debería de ganar \$6,310 pesos. Los resultados muestran que los salarios de los trabajadores tanto del grupo de tratamiento como del grupo de control se ajustan a lo establecido por la mencionada comisión.

Se observó que la gran mayoría de los comuneros del grupo de tratamiento trabaja en el aprovechamiento forestal (95.55%), mientras que en el grupo de control se reduce la proporción a 77.41% (Cuadro 8).

**Cuadro 8**  
**Ingreso promedio per cápita en la muestra tratamiento y control**

|                               | San Pedro el Alto | San Juan Atepec | Diferencia |
|-------------------------------|-------------------|-----------------|------------|
| Trabaja en aprovechamiento    | \$6,229.79        | \$6,194.44      | \$35.35    |
| No trabaja en aprovechamiento | \$5,850.00        | \$3,495.83      | \$2,354.17 |
| Diferencia                    | \$379.79          | \$2,698.61      | --         |

Fuente: Elaboración propia con información obtenida en campo

Los comuneros que no se emplean en el aprovechamiento forestal pero que pertenecen al grupo de tratamiento ganan en promedio \$5,850.00 al mes, y los del grupo de control

\$3,495.83, en estas cifras se observa una diferencia importante, ya que en el caso de la comunidad de Atepec, cuando no se trabaja en la actividad forestal el ingreso disminuye en 40%. Esta situación se debe, principalmente, a que los comuneros del grupo de tratamiento, a pesar de estar activos, reciben beneficios al final de las anualidades, por lo que se quedan en la comunidad y se dedican al comercio o a negocios particulares. Por otro lado, los entrevistados del grupo de control mencionaron que la mayoría de los comuneros que no se encuentran activos emigran a Estados Unidos.

Al revisar el ingreso familiar, se identificó una diferencia entre ambas localidades de \$733.10 mensuales, siendo más alto para el grupo de tratamiento, con un monto promedio mensual de \$7,722.26 y para el grupo de control de \$6,989.25 (Cuadro 9).

**Cuadro 9**  
**Ingreso promedio familiar en el grupo de tratamiento y control**

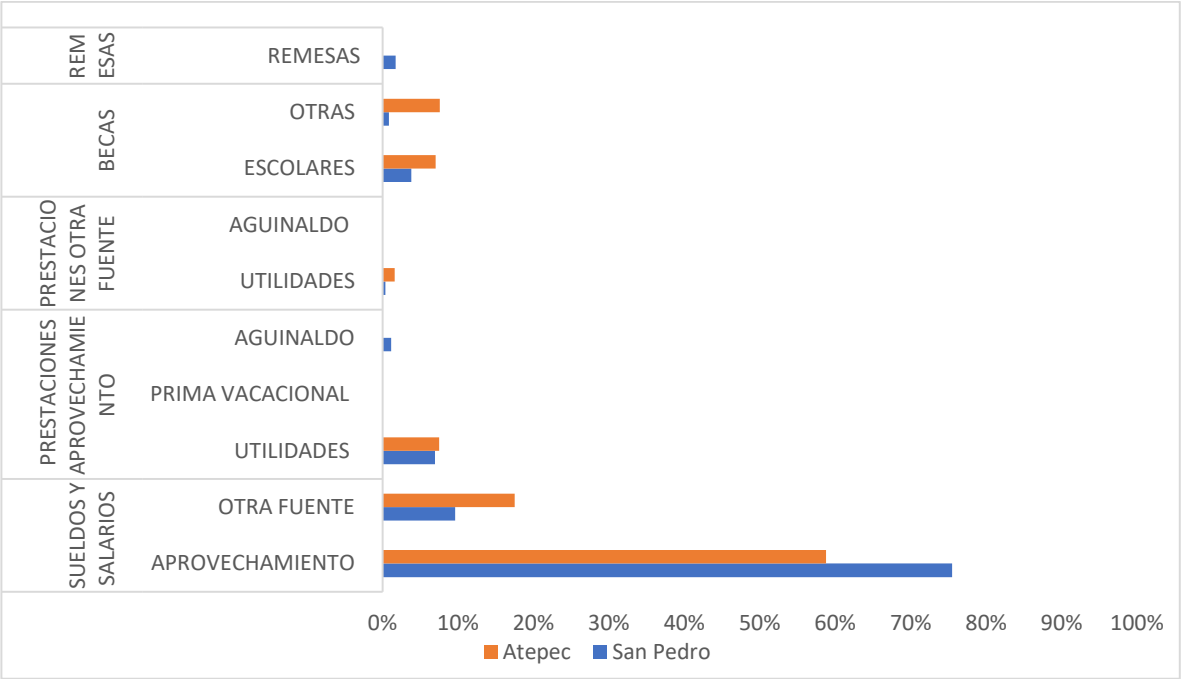
| San Pedro el Alto | San Juan Atepec | Diferencia |
|-------------------|-----------------|------------|
| \$7,722.26        | \$6,989.25      | \$ 733.01  |

Fuente: Elaboración propia con información obtenida en campo

En la figura 5 se observa la estructura del ingreso familiar de ambas comunidades, ahí se puede corroborar que el ingreso familiar del grupo tratamiento se sustenta en los recursos del aprovechamiento forestal, ya sean sueldos y salarios o prestaciones; mientras que el del grupo de control se integra tanto por el ingreso del aprovechamiento, como por otras fuentes de trabajo, becas escolares y otras ayudas (apoyos gubernamentales), estos datos concuerdan con Carvente-Acteopan et al., 2020, quienes identificaron que el ingreso del 50% de las 274 comunidades del estado de Oaxaca depende del aprovechamiento forestal. Sin embargo, con base en los resultados de este estudio, se muestra que los ingresos de las

familias no solo dependen del aprovechamiento forestal, sino también de otras fuentes de ingreso. En el caso de la comunidad certificada el ingreso de otras fuentes representa el 10% y para la comunidad sin certificación el 20%.

**Figura 5**  
**Estructura del ingreso en la muestra tratamiento y control**



Fuente: Elaboración propia con información obtenida en campo

La diferencia en el acceso a programas del gobierno federal entre ambas comunidades radica, según la percepción de los entrevistados del grupo de tratamiento, en que la comunidad tiene solvencia económica a través del aprovechamiento de sus bosques. Por el contrario, los comuneros del grupo de control, al estar registrados como una localidad indígena, son ampliamente favorecidos con los apoyos sociales del gobierno federal.

Ahora bien, considerando lo establecido por el CONEVAL (2020), referente a que “una familia de cuatro integrantes se encuentra en situación de pobreza por ingresos si su ingreso mensual es inferior a \$11,290.80” y que el promedio de integrantes en los hogares

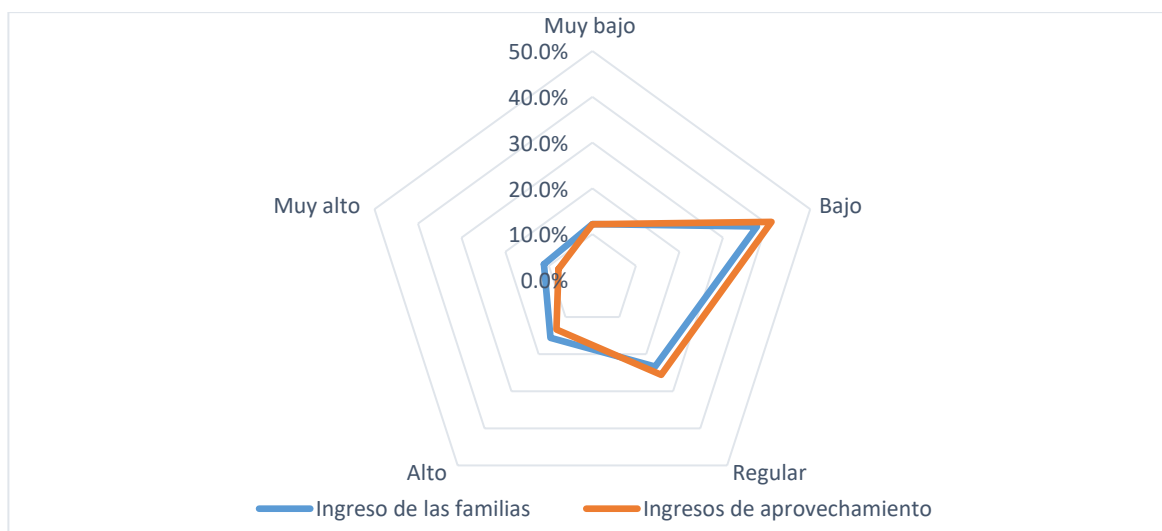
del grupo de tratamiento y en el grupo de control es de 3.67 y 3.58 respectivamente, se observa que, aún con la certificación y con las ayudas gubernamentales, las familias de los comuneros están en situación de pobreza por ingresos.

En un estudio realizado por Serrano-Ramírez et al. (2022) mencionan que la localidad de San Pedro el Alto, a pesar de ser una comunidad tipo en el manejo de los recursos forestales, no se tiene claro si la actividad forestal mejora las condiciones socioeconómicas de la zona y concluyen que al menos se gana lo señalado por el salario mínimo, a pesar de que hay familias que perciben ingresos mensuales de \$600.00. Por otro lado, se esperaría que la localidad certificada tuviera ingresos mensuales más altos; sin embargo, no hay diferencias en ambos casos. García-Montiel et al. (2022) encontraron que, para los poseedores de los bosques certificados, es más importante lograr en primer lugar impactos ambientales, seguidos de los socioeconómicos. Quizá esto explique porque no hay diferencias entre una comunidad y otra. Por otro lado, Burivalova et al. (2017) mencionan que no siempre la certificación tiene un efecto positivo en el alivio de la pobreza.

Además de los datos numéricos, se preguntó a los comuneros del grupo de tratamiento sobre su percepción respecto a los cambios observados en su comunidad desde que se certificó con el FSC (Figura 6), para lo que la mayoría indica que han sido bajos y muy bajos los cambios tanto en los ingresos familiares como en los ingresos del aprovechamiento. Al respecto, Tricallotis et al. (2018) mencionan que a pesar de que hay estudios que investigan el impacto socioeconómico de la certificación forestal, no existe una idea clara sobre sus impactos en aspectos sociales y económicos.

**Figura 6**

**Percepción de los entrevistados sobre los cambios por la certificación forestal**



Fuente: Elaboración propia con información obtenida en campo

Es importante resaltar que una cuarta parte y una quinta parte perciben que los cambios han sido altos y muy altos tanto para los ingresos de las familias como para los ingresos del aprovechamiento.

#### **4.6 Prospectiva**

La finalidad de esta investigación es contribuir al escaso conocimiento que se tiene sobre la certificación del Forest Stewardship Council en un país en desarrollo como México, donde gran parte de la población rural depende de los recursos económicos que genera la actividad forestal. La certificación se ha convertido durante los últimos 20 años en una alternativa del gobierno mexicano para mejorar a nivel económico, social y ambiental el aprovechamiento de los recursos forestales; sin embargo, los altos costos de la certificación y la dificultad burocrática han sido barreras para que las comunidades forestales de México puedan contar con un sello verde de este tipo.

El discurso por parte de las dependencias gubernamentales como CONAFOR, SEMARNAT y partes interesadas en la certificación ha sido positivo, promoviendo este tipo de esquemas como una solución importante para mejorar el manejo forestal comunitario y con ello dar un paso hacia la sostenibilidad. Sin embargo, pocos estudios se han centrado en medir sus efectos, y los que hay se enfocan únicamente en el componente ambiental (deforestación y degradación), usando datos de escritorio. Ante esta situación, esta investigación se centró en tomar datos reales capturados en campo, donde los dueños y poseedores de los bosques dieron sus puntos de vista sobre como la certificación ha influido en los ingresos que perciben a través del aprovechamiento forestal. Los resultados de la información evaluada en la línea base muestran que no hay un efecto claro sobre si en un aprovechamiento forestal certificado los comuneros reciben salarios competitivos o más altos que los comuneros de un aprovechamiento forestal comunitario sin certificación.

El diseño de esta investigación considera una segunda medición en el 2024, siendo aquí donde se esperaría que la hipótesis planteada se acepte. Como alternativa para mejorar los procesos de investigación respecto a los efectos de la certificación, es necesario que los diseños de investigación enfocados en medir los impactos de la certificación forestal deben adaptarse con las dificultades de establecer la causalidad entre las variables existentes, de lo contrario existe la posibilidad de dar conclusiones erróneas, las cuales pueden subestimar o exagerar el valor de la certificación forestal.

#### **4.7 Conclusiones**

El ingreso promedio mensual individual de los comuneros que se emplean en el aprovechamiento forestal certificado, de acuerdo con los resultados obtenidos es de

\$6,229.79 y para los del aprovechamiento no certificado es de \$6,194.44. Estos hallazgos dejan a la vista que no existe una diferencia muy amplia entre ambas muestras y que en la línea base, la diferencia es de \$35.53.

Por otro lado, los comuneros que no se emplean en el aprovechamiento forestal y que pertenecen al grupo tratamiento en promedio tienen un ingreso mensual de \$5,850. Aquí podemos notar que existe una diferencia muy marcada entre ambas muestras, ya que los comuneros del grupo de control que no se emplean en el aprovechamiento forestal tienen un ingreso hasta en un 40% menor con respecto a los ingresos de los comuneros del grupo de tratamiento.

Respecto al ingreso promedio familiar existe una diferencia entre ambas muestras de \$733.10 mensuales, siendo los comuneros del aprovechamiento forestal certificado los que presentan un mayor ingreso. Aunque no se encontraron diferencias muy marcadas en los ingresos a nivel individual y familiar entre ambas muestras, los resultados muestran que los ingresos de los comuneros de la localidad con su aprovechamiento forestal certificado dependen exclusivamente de esta actividad, por otro lado, los ingresos de los comuneros del aprovechamiento forestal sin certificación dependen principalmente de dos fuentes, del aprovechamiento forestal y de los apoyos que pueden obtener de los programas del gobierno federal.

Como se observa a través de los resultados obtenidos en la línea base, no hay una diferencia significativa en los ingresos entre los comuneros de ambas muestras. Sin embargo, si solo consideramos el ingreso del aprovechamiento forestal, los comuneros que se emplean en el aprovechamiento certificado obtendrían mayores ingresos mensuales. Por otro lado, que los comuneros del aprovechamiento forestal certificado

reciben pocos apoyos del gobierno federal, esto crea cierto descontento entre los comuneros, ya que muchos de ellos consideran que no deben ser excluidos de estos apoyos.

#### **4.8 Agradecimientos**

A las autoridades comunales de San Pedro el Alto, Zimatlán y San Juan Bautista Atepec, Oaxaca. Al Ing. Raúl Moisés Hernández Cortez encargado de los Servicios Técnicos Forestales de la comunidad de San Pedro el Alto, Zimatlán, Oaxaca. Al Ing. Octavio Pérez Pérez prestador de Servicios Técnicos de la comunidad de San Juan Bautista Atepec, Oaxaca.

#### **4.9 Referencias**

- Abdullah, M., Mohd Parid, M., & Faten Naseha, T. H. (2021). The contribution of forests on food security and rural poverty: A current status in Johor. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 756, No. 1, p. 012090). IOP Publishing.
- Anta, S. (2004). *Forest Certification in Mexico*. 407–434.
- Blackman, A., Goff, L., & Rivera Planter, M. (2018). Does eco-certification stem tropical deforestation? Forest Stewardship Council certification in Mexico. *Journal of Environmental Economics and Management*, 89, 306–333. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2018.04.005>
- Blackman, A., Raimondi, A., & Cubbage, F. (2014). *Does Forest Certification in Developing Countries Have Environmental Benefits? Insights from Mexican Corrective Action Requests. March*.
- Burivalova, Z., Hua, F., Koh, L. P., Garcia, C., & Putz, F. (2017). A Critical Comparison of Conventional, Certified, and Community Management of Tropical Forests for Timber in Terms of Environmental, Economic, and Social Variables. *Conservation Letters*, 10(1), 4–14. <https://doi.org/10.1111/conl.12244>

- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2019, June 6). *Ley de vivienda*.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2022, June 6). *Ley Federal del Trabajo*.
- Carvente-Acteopan, S., Pérez-Hernández, L. M., Pérez-Olvera, Ma. A., Navarro-Garza, H., & Flores-Cruz, M. (2020). Organización comunitaria, aprovechamiento forestal y mujeres recolectoras, en El Punto, Oaxaca, México. *La Manzana de La Discordia*, 15(1), 145–170. <https://doi.org/10.25100/lamanzanadeladiscordia.v15i1.8710>
- Comisión Nacional de los Salarios Mínimos, Diario Oficial de la Federación 1 (2023).
- CONEVAL. (2020, June 6). *Ingreso, pobreza y salario mínimo*. [www.blogconeval.gob.mx](http://www.blogconeval.gob.mx)
- Frey, G. E., Cubbage, F. W., Davis, R. R., Carle, J. B., Thon, V. X., & Dzung, N. v. (2018). *Financial analysis and comparison of smallholder forest and state forest enterprise plantations in Central Vietnam*. 20(2), 181–198.
- Frey, G. E., Cubbage, F. W., Holmes, T. P., Reyes-Retana, G., Davis, R. R., Megevand, C., Rodríguez-Paredes, D., Kraus-Elsin, Y., Hernández-Toro, B., & Chemor-Salas, D. N. (2019). Competitiveness, certification, and support of timber harvest by community forest enterprises in Mexico. *Forest Policy and Economics*, 107. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.05.009>
- FSC. (2020). *Estándar Nacional de Gestión Forestal de México*.
- García-Montiel, E., Cubbage, F., Rojo-Alboreca, A., Lujan-Álvarez, C., Montiel-Antuna, E., & Corral-Rivas, J. J. (2017). An analysis of non-state and state approaches for forest certification in Mexico. *Forests*, 8(8). <https://doi.org/10.3390/f8080290>
- Harada, K., & Wiyono. (2014). Certification of a Community-based Forest Enterprise for Improving Institutional Management and Household Income: A Case from Southeast Sulawesi, Indonesia. *Small-Scale Forestry*, 13(1), 47–64. <https://doi.org/10.1007/s11842-013-9240-8>
- Hernández-Aguilar, J. A., Cortina-Villar, H. S., García-Barrios, L. E., & Castillo-Santiago, M. Á. (2017). Factors Limiting Formation of Community Forestry Enterprises in the Southern

Mixteca Region of Oaxaca, Mexico. *Environmental Management*, 59(3), 490–504.  
<https://doi.org/10.1007/s00267-017-0821-8>

Ley de vivienda para el estado de Oaxaca, 1 (2016).

Noboa, V. A. (2016). Evaluación del impacto socio económico de la rehabilitación del ferrocarril en el Ecuador mediante el método de diferencias en diferencias. *Cuestiones Económicas*, 26, 1–44.

Otero, J. V. (2008). Problemas econométricos de los modelos de diferencias en diferencias. *Estudios de Economía Aplicada*, 26–1, 363–384. [www.revista-eea.net](http://www.revista-eea.net),

Quintanilla, R. H. (2012). Pobreza, distribución del ingreso y renta básica. *Journal of Economic Literature*, 9(26), 68–81.

Sandoval, G., Roberto, J., Ballesteros, A., Alberto, L., & Alonso, F. (2020). Perspectivas del desarrollo social y rural en México. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>

Serrano-Ramírez, E., Valdez-Lazal, J. R., De los Santos-Posadas, H. M., Mora-Gutiérrez, R. A., Ángeles-Pérez, G., & Hernández-Cortez, R. M. (2022). San Pedro el Alto, Oaxaca, México: ejemplo de manejo forestal comunitario que detona avance socioeconómico. *Economía y Sociedad*, 27(61), 1–30. <https://doi.org/10.15359/eyes.27-61.1>

Torres-Rojo, J. M., Moreno-Sánchez, R., & Amador-Callejas, J. (2019). Effect of capacity building in alleviating poverty and improving forest conservation in the communal forests of Mexico. *World Development*, 121, 108–122.  
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.04.016>

Torres-Rojo, J. M., Moreno-Sánchez, R., & Mendoza-Briseño, M. A. (2016). Sustainable Forest Management in Mexico. In *Current Forestry Reports* (Vol. 2, Issue 2, pp. 93–105). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40725-016-0033-0>

Tricallotis, M., Gunningham, N., & Kanowski, P. (2018). The impacts of forest certification for Chilean forestry businesses. *Forest Policy and Economics*, 92, 82–91.  
<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.03.007>

Zubizarreta, M., Arana-Landín, G., Wolff, S., & Egiluz, Z. (2023). Assessing the economic impacts of forest certification in Spain: A longitudinal study. *Ecological Economics*, 204. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107630>

## **V. CONCLUSIONES GENERALES**

Con los resultados se encontró que los bosques pueden incrementar sus reservas de carbono hasta en un 120. 2% si se considera lo que se almacena en el piso forestal sin importar si están o no certificados. Sin embargo, el tratamiento silvícola aclareo en la localidad certificada generó mayores reservas de carbono en la estructura arbórea, estos montos representan 334% más con respecto al manejo forestal sin certificación. A pesar de que en el tratamiento silvícola corta de regeneración hubo un decremento de 221% en los montos de carbono en el manejo forestal certificado, los bosques bajo el enfoque de la certificación forestal generan en cualquier tratamiento silvícola mayores reservas de carbono en la estructura arbórea. De acuerdo con la información obtenida en la línea base mediante las entrevistas semiestructuradas, se documenta que un comunero que se emplea la actividad forestal certificada gana en promedio al mes \$6,229.79, casi lo mismo que gana un comunero de una comunidad forestal sin certificación, ya que estos ganan en promedio al mes \$6,194.44. En relación con el ingreso mensual promedio a nivel familiar, en la comunidad certificada tienen un ingreso mensual promedio de \$7,722.26 y una familia de la comunidad no certificada gana en promedio \$6,989.25, donde podemos observar una diferencia de \$733.10.

Las actividades de gestión forestal certificadas por el Forest Stewardship Council pueden representar una oportunidad para que los bosques comunitarios de países en desarrollo como México incrementen sus montos de carbono en la estructura arbórea. Sin embargo, si consideramos todo el ecosistema el cual es representado por la biomasa aérea de los árboles y el piso forestal, los bosques comunitarios son importantes sumideros de carbono estén o no certificados. Podemos decir que la certificación podría ser una condición previa para que estos

montos puedan ser vendidos en los mercados voluntarios de carbono, ya que hoy día estos mercados solo consideran lo almacenado en la estructura arbórea sin considerar el piso forestal. A pesar de que se encontraron resultados positivos en relación con el carbono, la certificación no ha sido un detonante para que los ingresos de los comuneros sean competitivos a nivel per cápita.

## **VI. PROSPECTIVA**

Este trabajo se centró en tomar datos directos en campo, definiendo como variables de estudio el carbono almacenado en la estructura del árbol-piso forestal y los ingresos que perciben los comuneros que se emplean en la actividad forestal. Los resultados representan un aporte, dado que investigaciones previas únicamente han recabado información a nivel documental.

Es preciso decir que debido a limitaciones de tiempo y recursos no fue posible considerar otras actividades silvícolas incluidas en los planes de manejo forestal de las localidades evaluadas, también esta situación, limitó el solo establecer tres parcelas experimentales por tratamiento evaluado. Por otro lado, con respecto al efecto en el ingreso, el estudio solo muestra los resultados obtenidos en la línea base mediante las entrevistas semiestructuradas. Sin embargo, a pesar de esto los resultados de este estudio contribuyen a la literatura existente respecto al tema y dan idea si la certificación es efectiva o no en contribuir en el servicio ecosistémico captura de carbono y en la calidad de los ingresos de los comuneros empleados en la producción forestal. A demás de que, la información obtenida puede ser de utilidad para las comunidades, si estas deciden participar en los mercados voluntarios de carbono y de esta manera diversificar su economía a través de la venta de madera y bonos de carbono.

Para investigaciones futuras es necesario incluir dentro de las variables de estudio otras actividades de manejo forestal que también tienen influencias en los montos de carbono almacenados, se recomienda hacer mediciones

secuenciales sobre la biomasa aérea que se va acumulando en el piso forestal a través del tiempo y volver a campo en unos cinco años y hacer una segunda remediación para hacer la comparación entre la línea base y los nuevos datos levantados. En este mismo sentido, para ver el efecto en el ingreso, es necesario hacer una segunda medición y analizar la información con el método de doble diferencia y, finalmente alimentar las entrevistas con preguntas sobre la calidad del empleo y la equidad de género respecto a salarios y puestos de trabajo.