



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONOMICO-
ADMINISTRATIVAS**

**POSGRADO DOCTORADO EN CIENCIAS EN
ECONOMÍA AGRÍCOLA**

**ANÁLISIS DE LA COMPETITIVIDAD DE LA CADENA
DE VALOR FORESTAL Y DE LAS EMPRESAS
FORESTALES COMUNITARIAS EN MÉXICO**

TESIS

**Que como requisito parcial
para obtener el grado de:**

DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

Presenta:

EDGAR ARTURO SÁNCHEZ MORENO

Bajo la supervisión de: JOSÉ MARIA SALAS GONZÁLEZ, DR



APROBADA



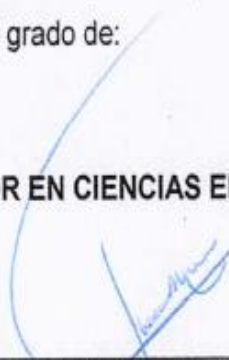
Chapingo, Estado de México, 28 de mayo de 2021

**ANÁLISIS DE LA COMPETITIVIDAD DE LA CADENA DE VALOR FORESTAL Y
DE LAS EMPRESAS FORESTALES COMUNITARIAS EN MÉXICO**

Tesis realizada por **EDGAR ARTURO SÁNCHEZ MORENO** bajo la supervisión
del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el grado de:

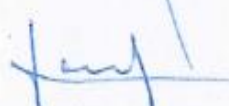
DOCTOR EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

DIRECTOR:



DR. JOSÉ MARÍA SALAS GONZÁLEZ

ASESOR:



DR. JOSÉ LUIS ROMO LOZANO

ASESOR:



DR. MARCOS PORTILLO VÁZQUEZ

LECTOR EXTERNO:



DR. SERGIO PÉREZ ELIZALDE

Contenido General

1	INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1	Problema de investigación	4
1.2	Objetivo General.....	6
1.3	Objetivos Particulares	6
1.4	Estructura de la tesis.....	6
2	REVISIÓN DE LITERATURA	8
2.1	Marco teórico conceptual	8
2.2	Marco teórico referencial.....	9
2.3	Literatura citada.....	10
3	LA COMPETITIVIDAD FORESTAL EN MÉXICO: ENFOQUES TEÓRICOS PARA SU MEDICIÓN	14
3.1	Resumen	14
3.2	Abstract.....	14
3.3	Introducción	15
3.4	Desarrollo y Discusión del tema	16
3.4.1	Desarrollo.....	16
3.4.2	Discusión	34
3.5	Conclusiones	38
3.6	Literatura citada.....	40
4	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA EMPRESA FORESTAL COMUNITARIA EN MÉXICO.....	45
4.1	Resumen	45
4.2	Abstract.....	46

4.3	Introducción	46
4.4	Materiales y métodos	49
4.4.1	Área de estudio.....	49
4.4.2	Métodos	53
4.5	Resultados y discusión	57
4.6	Conclusiones	65
4.7	Literatura citada.....	65
5	FUNCIONES DE PRODUCCIÓN PARA MADERA ASERRADA EN LA EMPRESA FORESTAL COMUNITARIA EN MÉXICO	70
5.1	Resumen	70
5.2	Abstract.....	71
5.3	Introducción	71
5.4	Materiales y Métodos	73
5.4.1	Materiales	73
5.4.2	Métodos	74
5.5	Resultados y discusión	79
5.5.1	Resultados	79
5.5.2	Discusión	81
5.6	Conclusiones	85
5.7	Literatura citada.....	86
6	CONCLUSIONES GENERALES	88
7	APÉNDICE	91

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Enfoques para medir la competitividad empresarial. -----	17
Cuadro 2. Características de los índices sectoriales forestales para algunos países.-----	27
Cuadro 3. Valores de los criterios de competitividad a nivel EFCs en México. 51	
Cuadro 4. Desempeños de los perfiles que definen las categorías. -----	53
Cuadro 5. Flujos unicriterio neto de las EFC. -----	54
Cuadro 6. Lista ordenada de mejor a peor posición en el desempeño de las EFC. -----	57
Cuadro 7. Categorización del desempeño de las empresas. -----	58
Cuadro 8. Flujo positivo, negativo y neto de las tres empresas en la categoría de alto desempeño. -----	61
Cuadro 9. Funciones de producción Cobb-Douglas para madera aserrada. ---	79
Cuadro 10. Estadísticos para la prueba de VPM (Modelo I). -----	80
Cuadro 11. Estadísticos para la prueba de VPM (Modelo II).-----	80
Cuadro 12. Estadísticos para la prueba de VPM (Modelo III). -----	81

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes del modelo de análisis multicriterio para la priorización y clasificación de las EFC. -----	50
Figura 2. Las tres empresas mejor posicionadas y los aportes de cada criterio en su desempeño. -----	59
Figura 3. Asignación de la Empresa 10 a la categoría C_1 . -----	62

Dedicatoria

A **Dulce Ma.** y a mis hijas **Ixchel** y **Laila** que son los motores de mi vida.

A mi madre **Ernestina** por estar siempre ahí conmigo, por sus palabras de aliento y su noble corazón.

Muchas gracias a todas por su apoyo

Agradecimientos

A la **Universidad Autónoma Chapingo**, por todos los recursos y facilidades que me brindó para realizar mis estudios de Posgrado.

Al **CONACYT**, por financiar mi formación profesional y científica.

A mis maestros en el Posgrado de DICEA, por sus invaluable contribuciones a esta tesis y a mi formación profesional.

Al Dr. **José María Salas González**, por la dirección de esta investigación, y a los doctores **José Luis Romo Lozano**, **Miguel Caballero Deloya**, **Marcos Portillo Vázquez** y **Sergio Pérez Elizalde**, por sus valiosas aportaciones a esta investigación; muchas gracias de corazón.

A **Mario Antonio Mosqueda Vázquez** y a **Efraín Maheda** de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) quienes proporcionaron información del proyecto Paisaje financiado por el PNUD y Banco Mundial, que sirvió de base para realizar las investigaciones que se presentan en este documento.

A mis compañeros y amigos, por siempre motivarme a salir adelante y estar presentes siempre ahí para darme consejos.

Datos biográficos



Datos personales

Edgar Arturo Sánchez Moreno nació el 16 de julio de 1976, en Peñón Blanco, Durango. Se graduó como Ingeniero Forestal con Orientación en Evaluación y Abastecimiento en la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo (1994-1998).

Desarrollo académico y profesional

Cursó la Maestría en Ciencias en el Posgrado Forestal del Colegio de Posgraduados (2001-2003) y el Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola (DICEA-UACH) durante el periodo 2017-2021. Otros estudios que ha realizado son el Diplomado en Plantaciones Forestales Comerciales en la UACH (2004); Créditos de la Maestría Tecnológica en Prestación de Servicios Profesionales dentro del Programa para Acceder al Crédito y Fomentar la Integración Económica y Financiera para el Desarrollo Rural (Financiera Rural- Colegio de Postgraduados), Campus Montecillo, Texcoco.

Cuenta con amplia experiencia docente en la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo desde el 2003 a la fecha, impartiendo cursos sobre Sistemas de Abastecimiento y Sistemas de Abastecimiento Forestal, Investigación de operaciones, Entrenamiento en Campo III, Prácticas de Maquinaria Forestal, Formación de campo II y Seminario de Titulación.

Ha participado como ponente en diversos foros, congresos y reuniones a nivel nacional y en la dirección y asesoría de diversas tesis de licenciatura; asimismo, ha impartido cursos a profesionales del ramo y a diferentes instituciones como CONAFOR, PROBOSQUE y a Organismos Privados.

RESUMEN GENERAL

ANÁLISIS DE LA COMPETITIVIDAD DE LA CADENA DE VALOR FORESTAL Y DE LAS EMPRESAS FORESTALES COMUNITARIAS EN MÉXICO¹

Se presentan tres estudios sobre la competitividad de la cadena de valor y de la empresa forestal comunitaria en México. El primero aborda los enfoques teóricos usados en México y en el ámbito internacional para medir la competitividad de la cadena de valor forestal y los principales indicadores que generan con el fin de evaluar su aplicabilidad en México; los resultados muestran que en México no existe la metodología probada que determine de manera directa el nivel de competitividad de la cadena de valor forestal debido a dos razones principales: 1) no se cuenta con información completa disponible sobre los diferentes segmentos de la cadena, pues únicamente se dispone de información a nivel del eslabón primario, 2) las cadenas de valor no están totalmente conformadas, por lo tanto no existen clústeres industriales. El segundo estudio analizó la competitividad con enfoque de empresa forestal comunitaria (EFC) para evaluar el desempeño financiero, social, y ambiental de estas usando los métodos PROMETHEE II y FlowSort. Los resultados del *ranking* mostraron a EFC de los estados de Michoacán, Durango y Puebla en los primeros tres lugares, respectivamente. Mientras que los resultados de la clasificación (*sorting*) solamente tres empresas lograron clasificarse en la categoría de alto desempeño, localizadas en los estados de Durango, Chiapas y Puebla. El resto de las EFC fueron clasificadas en la categoría de desempeño medio. En el tercero, se generaron modelos de funciones de producción de 35 EFC ubicadas en 10 estados, en donde se midió el efecto en la producción de diversos factores que determinan productividad (coeficiente de asierre, clasificación de madera, capacidad instalada de la industria, mujeres en puestos operativos y de toma de decisiones, esquema de subsidios y certificación forestal). La competitividad en el uso de los recursos fue medida a partir del Valor del Producto Marginal (VPM). Los resultados muestran que la mano de obra (L), capital (K), volumen disponible (VD) y Figura Legal (FL) tienen efecto significativo en los modelos generados. El resultado del análisis de VPM

¹ Tesis de Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola. Posgrado de la División de Ciencias Económica Administrativas (DICEA).

Autor: Edgar Arturo Sánchez Moreno
Director: José María Salas González

muestra que existen diferencias a nivel estado y de forma agregada a nivel nacional. Ninguna de las EFC ubicadas en los estados de Chiapas, Chihuahua, Durango, Edo. México, Jalisco, Michoacán, Puebla, Oaxaca, Q. Roo y Veracruz son competitivas en el uso de L, K y VD. A nivel nacional no existe competitividad para VD (modelos II y III) ni para L (modelo II).

Palabras Clave: empresa forestal comunitaria, cadena de valor forestal, análisis multicriterio, valor del producto marginal, función Cobb-Douglas

GENERAL ABSTRACT

ANALYSIS OF THE COMPETITIVENESS OF THE FOREST VALUE CHAIN AND COMMUNITY FOREST ENTERPRISES IN MEXICO

This document presents three studies on the competitiveness of the value chain and the community forestry enterprise in Mexico. The first addresses the theoretical approaches used in Mexico and internationally to measure the competitiveness of the forest value chain and the main indicators they generate in order to evaluate their applicability in Mexico; the results show that in Mexico there is no proven methodology that directly determines the level of competitiveness of the forest value chain due to two main reasons: 1) there is no complete information available on the different segments of the chain, since information is only available at the level of the primary link, 2) the value chains are not fully formed, therefore there are no industrial clusters. The second study analyzed competitiveness with a community forestry enterprise (CFE) approach to evaluate the financial, social, and environmental performance of these using the PROMETHEE II and FlowSort methods. The ranking results showed EFC from the states of Michoacán, Durango and Puebla in the first three places, respectively. While the results of the classification (sorting) only three companies managed to be classified in the high performance category, located in the states of Durango, Chiapas and Puebla. The rest of the CFE were classified in the medium performance category. In the third, models of production functions of 35 EFC located in 10 states were generated, where the effect on the production of various factors that determine productivity was measured (coefficient of sawing, classification of wood, installed capacity of the industry, women in operational and decision-making positions, subsidy scheme and forest certification). Competitiveness in the use of resources was measured from the Marginal Revenue Product (MRP). The results show that labor (L),

capital (K), available volume (AV) and Legal Figure (LF) have a significant effect on the models generated. The result of the MRP analysis shows that there are differences at the state level and in an aggregate way at the national level. None of the CFE located in the states of Chiapas, Chihuahua, Durango, Edo. Mexico, Jalisco, Michoacán, Puebla, Oaxaca, Q. Roo and Veracruz are competitive in the use of L, K and AV. At the national level there is no competitiveness for AV (models II and III) or for L (model II).

Key words: community forestry enterprise, forestry value chain, multicriteria analysis, marginal revenue product, Cobb-Douglas function

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

La Producción forestal maderable está estancada, y aunque existen 21.6 millones de hectáreas con potencial comercial para producir 30 millones de m³ de madera en bosques templados y selvas, solo se producen 6.7 millones de m³r, que corresponde al 34.14% del volumen autorizado. De acuerdo con el Instituto Mexicano de la competitividad (IMCO) - Reforestamos México (RM) (IMCO y RM, 2014) menos de 1% del volumen maderable existente en bosques y selvas es autorizada. Los estados con la mayor producción forestal maderable son Durango (35.1%), Chihuahua (13.2%), Veracruz (7.8%), Michoacán (6.7%) y Oaxaca (5.9%) que contribuyeron con el 68.6% de la producción total, equivalente a 4.6 millones de m³r, por lo que se está desperdiciando un potencial enorme, y es precisamente una de las áreas de oportunidad que el sector forestal puede atender.

Según Caballero (2017) los factores que limitan el desarrollo de la actividad industrial forestal en México, y en consecuencia, la baja competitividad son:

- Existen más de 10,000 centros de transformación
- Baja utilización de la capacidad instalada en la industria (34.5% de la capacidad utilizada/capacidad instalada)
- Industria forestal tiene una desventaja competitiva, y con rezago tecnológico
- Cinco estados concentran la capacidad instalada de la industria (Chihuahua, Durango, Jalisco, Michoacán y Puebla)
- Baja capacidad de inversión y financiamiento para operar los proyectos de abastecimiento a nivel local.
- Desintegración de la cadena productiva de otros actores (tecnología, investigadores, mercado, financiamiento, innovaciones, investigación y academia desvinculadas de las necesidades del sector forestal)
- La situación actual de la cadena forestal muestra a los participantes actuando en forma independiente sin cooperación entre sí. La producción en general está formada por los mismos productos y destinados al mismo mercado causando sobresaturación de la oferta.
- No se han implementado clústeres industriales forestales, solamente estudios de factibilidad a nivel cuenca industrial y cuenca de abasto.

El Anuario de la Producción Forestal más reciente (año 2017), (SEMARNAT, 2020) así como información de (CONAFOR, 2020) abordan a profundidad los indicadores económicos siguientes:

(a) *PIB*: El valor fue de 42,859 miles de millones de pesos corrientes al 2013, se integra del PIB de la *industria maderera (incluye aserrío, tableros, otros)* y del PIB de la *fabricación de pulpa, papel y cartón*. La aportación del sector forestal con respecto a la nacional fue del 0.24 %. y del 7.40 % con respecto al PIB Agropecuario, silvicultura y pesca. El PIB de la silvicultura se agrupa en el PIB Agropecuario y pesca, con un valor de 579,150 miles de millones de pesos corrientes al 2013, el cual corresponde a un 3.19% con respecto al PIB Nacional.

(b) *Balanza Comercial de Productos Forestales*: Presenta saldos negativos en la balanza comercial en los tres productos que la componen (*maderables incluidos la de triplay, celulósicos incluidos la de tableros, y papeles*). El valor del déficit fue de 6,184,127 miles de dólares. El déficit en productos de papel es el que tiene una mayor participación con - 4,052,548 miles de dólares, que corresponde al 65.5 %, y en conjunto el 81 % de productos de celulosa y el papel. CONAFOR (2020;2020b), reportan 6,165 millones de dólares de déficit, y 5,027.1 millones de dólares en productos celulósicos y de papel (81.5 %); y de 1,138.5 millones de dólares en productos maderables (18.5 %). Los principales productos exportados fueron: los demás de manufacturas de madera, listones y molduras, ventanas, puertas, tableros celulares, junto con cajas y paletas. Los principales productos importados fueron: madera aserrada, tableros contrachapados, listones y molduras y tableros de fibra. En conjunto, entre los productos maderables, celulósicos y papel se tuvo un déficit comercial de 31,818.5 miles de m³ (I-E = 37,408.0 miles de m³r -5,589.6 miles de m³r).

(c) *Consumo Aparente (CA) de Productos Forestales*: De acuerdo con CONAFOR (2020, 2020b) para el año 2017, el CA = 27.3 millones de m³rollo total árbol, P = 9 millones de m³rollo total árbol, I = 19.2 millones de m³ de madera en rollo para el año 2016, lo que significa un valor P/CA = 0.33 (33%) en 2017. Cuya distribución porcentual por producto es *madera en escuadría (57.8%)*, *celulósicos (29.2 %)*, *chapa y triplay (8.7%)*, *postes pilotes y morillos (0.7%)*, *combustibles (2.1)* y *durmientes (1.5)*.

La relación Producción/Consumo (P/CA) = 33 %, significa que la demanda interna de productos forestales solo se ve satisfecha con el 33 %. La diferencia (67 %) se cubre con

importaciones. Este valor varía de acuerdo al producto (mínimo para celulosa: 17 % y máximo para leña y carbón: 84 % sin incluir volúmenes para consumo doméstico).

No entran en esta clasificación los productos forestales ilegales. Parte importante de la demanda nacional de dichos productos se satisface a través de la cadena productiva ilegal. Pero no es parte de la información oficial del sector.

De acuerdo a CONAFOR (2020a), la competitividad forestal en el futuro para el sector forestal se enfocará en identificar los principales orígenes de madera importada en la que México es deficitaria (madera aserrada, y tableros, papel de desperdicio, celulosa, papel y cartón), establecer estrategias para incrementar la producción anual y mediante el abasto de madera proveniente de plantaciones comerciales (similar a EE.UU, Chile y Brasil), y la integración de cadenas de valor competitivas en bosques naturales y plantaciones. Estos esquemas de producción y transformación competitivos podrían impactar en la balanza comercial al sustituir productos importados mediante el aumento en la capacidad productiva de parte de la madera industrial (madera aserrada y tableros de madera), pero solo de manera parcial, ya que el mercado de la madera aserrada y tableros, solamente representan cerca del 20 % del déficit, el resto, es generado por productos celulósicos y de papel (80%). Y considerando la relación $P/CA = 40\%$ (madera de escuadría) y $P/CA = 17\%$ (celulosa), la industria depende del 60 % y 73 %, de madera industrial y celulosa importadas.

Con respecto al Consumo aparente (CA) y Balanza Comercial, en 2017, el CA de materias primas forestales fue de 27.3 millones de m^3 , y si la producción fue de 9 millones de m^3 , ello significa que solamente se cubre 33 % del consumo interno, lo cual obliga a recurrir a las importaciones de 19.2 millones de m^3 ; considerando las exportaciones, al final el sector registra un déficit de 5.9 miles de millones de dólares. En general en promedio esta tendencia se ha mantenido en promedio en 30.2 % en los últimos 5 años (CONAFOR, 2020; 2020b).

Existen índices para determinar la competitividad de la actividad forestal, algunos de éstos se han generado en países con tradición forestal como Canadá (*Índice de Competitividad Global para industrias de productos forestales*), el Índice de competitividad nacional de la industria de productos forestales en la región de Asia Pacífico, y el Benchmarking de la competitividad de la industria de procesamiento de madera de Nueva Zelanda; sin embargo en México, la medición de la competitividad del sector forestal mexicano ha estado limitado a conocer los factores que inciden en la contribución del sector

forestal a partir de las estadísticas oficiales disponibles lo que permitió obtener el Índice de Competitividad Forestal Estatal (ICoFE) sin considerar la cadena productiva forestal en su totalidad (IMCO-RM, 2014).

Se han identificado siete fuerzas motoras del valor y volumen del aprovechamiento forestal en México o drivers (factores que tradicionalmente han tenido y tienen impacto sobre dicha actividad) como determinantes de la competitividad forestal: *las plantaciones forestales comerciales, la política pública, la demanda industrial forestal, la demanda por servicios ambientales, la gestión de las empresas forestales, las certificaciones forestales y la tecnología* (ITAM -Instituto Tecnológico Autónomo-, 2010).

Para los propósitos de esta investigación, las causas que han propiciado que el sector forestal no sea competitivo se resumen a continuación:

1. La limitada contribución del sector forestal a la economía de México (*Altas importaciones de materias primas y productos forestales, elevado Consumo Aparente*) versus la importancia de los recursos forestales para las comunidades (*productos y servicios ambientales, valores culturales*). Paradigma: Incrementar la producción y conservar la biodiversidad.
2. Desarticulación de las actividades del sector forestal entre los distintos eslabones (*productores de materias primas, industrias, instituciones de investigación y de financiamiento, prestadores de servicios técnicos y gobierno*).
3. Deforestación y degradación de los ecosistemas forestales.
4. Limitada área bajo Manejo Forestal Sustentable.
5. Escenario de inversión desfavorable en plantaciones.
6. Programas de reforestación con fines de protección y restauración.
7. Industria forestal poco competitiva en la escala internacional.
8. Bajos niveles de producción y productividad.

1.1 Problema de investigación

El problema de investigación es la reducida competitividad de la cadena de valor y de la Empresa Forestal Comunitaria derivado de las características del sector forestal referidas anteriormente.

Justificación

El entorno macroeconómico en donde se desarrolla el sector forestal de México, es adverso, caracterizado por una participación marginal de este sector al PIB en menos del 1%, inversión insuficiente en infraestructura para el aprovechamiento y transformación de materias primas forestales, con un comercio exterior deficitario y dependiente de las importaciones de productos forestales terminados y de alto valor agregado, así como fallas presentes en el funcionamiento del sector forestal que no permiten que México tenga un nivel de competitividad de acuerdo a sus recursos forestales. Se identifican las siguientes ventajas comparativas y competitivas de los recursos forestales. *Ventajas comparativas*: Existencia de una reserva importante de recursos forestales maderables, recursos en manos de núcleos agrarios, experiencia en el manejo forestal comunitario, acuerdos para mitigar el cambio climático, costos de disponibilidad (materias primas, reducción de costos y cercanía). Y las *ventajas competitivas*: desarrollo de habilidades y capacidades (tecnología, investigación e innovación).

El atender las limitaciones internas y externas (baja producción forestal maderable, disminución de las tasas de deforestación-fragmentación de los bosques, atender la balanza comercial) y abordar la problemática (degradación y fragmentación de los ecosistemas debido a actividades agropecuarias; estado sanitario de los bosques-producto del mal manejo forestal, la superficie manejada, permitirá aprovechar las ventajas competitivas y comparativas, y así revertir el atraso en que se encuentra el sector.

Las variables contenidas en el índice de competitividad Forestal Estatal (ICoFE) para la medición de la competitividad del sector forestal usando *el potencial del aprovechamiento forestal, la sofisticación de la producción, la permanencia del bosque, y la condición sociopolítica* aunque tienen una relación estrecha con determinación de la competitividad, no considera toda la cadena de valor de la producción forestal, sin embargo se aproximan a las determinantes de la competitividad denominadas “ventajas competitivas” por Porter (1990), las cuales son las (a) Internas: Factores de condiciones (básicos y creados), condiciones de demanda, condiciones estratégicas, estructurales y de rivalidad, industrias relacionadas y de apoyo; y (b) externas: gobierno, oportunidades (casualidad), y actividades empresariales internacionales.

Por lo anterior, y dado que el índice único y actual sobre la competitividad forestal en México tuvo limitaciones para recabar información de las empresas ubicadas en los eslabones de transformación y comercialización de productos forestales en México, teniendo

como fuente principal las estadísticas oficiales. Es por ello que la presente investigación recabó información directa en empresas forestales que participan en procesos de aprovechamiento, transformación y comercialización de productos forestales con la finalidad de integrar un índice de competitividad forestal para México.

1.2 Objetivo General

Generar indicadores de competitividad forestal para Empresas Forestales Comunitarias en México.

1.3 Objetivos Particulares

1. Analizar los indicadores de competitividad forestal en México y los índices de competitividad forestal en otros países, así como los factores determinantes de la competitividad forestal en el mundo.
2. Evaluar el desempeño de las Empresas Forestales Comunitarias mediante un proceso de comparaciones con respecto a sí mismas y con respecto a tres categorías (alta, media y baja) de desempeño predefinidas a partir de un conjunto de criterios que incluyen tres dimensiones: eficiencia técnica-financiera, compromiso social y compromiso ambiental.
3. Determinar funciones de producción tipo Cobb-Douglas para medir el efecto de la productividad y medir la competitividad a partir del Valor del Producto Marginal para los insumos mano de obra, capital y volumen disponible.

1.4 Estructura de la tesis

La presente tesis doctoral está compuesta en formato de artículos para al menos 3 de los 5 capítulos. El primer capítulo corresponde a la introducción, en donde se describe el contexto en el que se lleva a cabo la investigación, en él se describe la importancia económica y social de la actividad forestal en México, y su relación con la competitividad de Empresas Forestales Comunitarias, el planteamiento del problema.

El segundo capítulo corresponde a la revisión de literatura y está integrado en dos partes, en la primera (marco teórico conceptual) se revisan las teorías para la medición de la competitividad, los conceptos generales y específicos sobre competitividad forestal y su relación con la competitividad de empresa; las funciones de producción en la empresa, las

técnicas de análisis multicriterio y métodos econométricos útiles en la determinación de la competitividad empresarial. En la segunda (marco teórico referencial) se presentan los resultados de investigaciones relacionados con el tema abordado en México y en otros países.

El tercer capítulo corresponde al marco teórico referente a enfoques para la medición de la competitividad sectorial forestal. Y constituye en sí un artículo científico de revisión. Para su construcción, se consultaron a los autores clásicos relacionados con el tema de la competitividad, así como las teorías contemporáneas sobre la competitividad empresarial.

En el cuarto capítulo se evaluó la competitividad de 30 empresas forestales comunitarias de México, para determinar los ponderadores y medir la competitividad empresarial y mediante dos métodos multicriterio: PROMETHE y Flowsort.

Finalmente, en el quinto capítulo se generaron las funciones de producción para 35 empresas forestales comunitarias en México a partir de información sobre factores de la producción, variables exógenas determinantes de la productividad y variables indicadoras de acceso a Subsidios PRONAFOR y Certificación por el buen manejo forestal. A partir de los tres modelos de producción, se obtuvieron funciones de costos (mínimo, marginal y medio) e ingreso neto (ganancia) para esas funciones (Apéndice 1), los cuales son de utilidad para investigaciones futuras.

Los capítulos cuatro y quinto también han sido estructurados como artículos científicos. Para cada capítulo, excepto en los dos primeros, se describe lo relacionado a los materiales y métodos, así como los resultados, discusión y conclusiones.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Marco teórico conceptual

La medición de la competitividad es de vital importancia para determinar el impacto de una actividad productiva en la economía de un país en un sentido comparativo (Garduño-Rivera, Ibarra-Olivo y Dávila-Bugarín, 2013). Ha sido ampliamente abordada y analizada por diversos autores (Benzaquen, Del Carpio, Zeguerra y Valdivia, 2010; Padilla, 2006; Salinas-Cruz, González-Guillén, León- Merino y Rodríguez-Hernández, 2017). Cuyos factores que la determinan han sido muy diversos, desde productividad, costos, valor agregado, participación de mercado, hasta la innovación tecnológica y calidad de los productos (McFetridge, 1995; citado por Padilla, 2006).

Existen diversos enfoques para medición de la competitividad, unos basados en la creación de factores productivos y competencias (Porter,1990); en la competitividad estructural y competitividad sistémica (CEPAL, 1990; CEPAL 1996, citados por Suñol, 2006). Estos enfoques incluyen la dinámica del concepto de competitividad abordados por distintos autores desde Adam Smith (1776) hasta Porter (1990) descritos por Abdel y Romo (2004), citado por Benzaquen et al. (2010) e Ibarra-Cisneros, González-Torres y Demuner-Flores (2017).

Particularmente, los aspectos conceptuales de la competitividad empresarial y sus determinantes, ha sido abordada por Chandra y Shishodia (2017), Ibáñez y Troncoso (2001), Ibarra et al. (2017), Lemonakis, Zopounidis y Voulgaris (2016), McFetridge, 1995, citado por Padilla (2006), Salas- Navarro y Cortabarría-Castañeda (2014) y Sachitra y Chong (2016).

Los fundamentos teóricos que construyen las metodologías para determinar competitividad provienen principalmente del modelo de competitividad de Porter (1990), de los índices de competitividad reportados por Benzaquen et al. (2010) y por BID, 2004, citado por Padilla, 2006, los cuales entre otras utilidades son referentes para la atracción de inversión en ese sector particular de la economía (Huber y Mungaray, 2017).

El entorno exterior de comercio es otro enfoque de análisis de la competitividad (Hernández y Romero, 2009), que se sustenta en la teoría sobre la ventaja comparativa revelada de Balassa y compara los cambios en la composición del comercio de un país con la estructura del mercado a través de indicadores de participaciones de mercado y de

balanza comercial, con aplicaciones prácticas en América Latina y el Caribe (ALC) (Arias y Segura, 2004).

2.2 Marco teórico referencial

Existe una limitada investigación sobre la determinación de la competitividad en el sector forestal de México. Destaca la información de los indicadores del sector (recursos forestales, servicios ambientales y aspectos sociales y económicos; competitividad y balanza comercial publicados por el sector oficial (CONAFOR, 2020; CONAFOR, 2020a; CONAFOR, 2020b; SEMARNAT, 2020); los estudios sobre la competitividad del sector forestal en México mediante indicadores de comercio exterior para el producto madera aserrada, un análisis de la cadena productiva forestal para 92 industrias de Puebla, y su comparativo con industrias ubicadas en ellos estados de Durango, Chihuahua y México (Flores- Velázquez, 2005).

Los resultados de estudios sobre competitividad forestal en México han estado limitados a conocer las fuerzas motoras del valor y volumen del aprovechamiento forestal en México o *drivers* como determinantes de la competitividad forestal (ITAM, 2010) y a generar el Índice de Competitividad Forestal Estatal (ICoFE) usando información limitada sectorial sin cubrir la totalidad de la cadena productiva forestal (IMCO-RM, 2014).

Se han evaluado las inversiones realizadas por el Banco Mundial en Empresas Forestales Comunitarias (EFC) mediante el análisis de aspectos financieros, de sostenibilidad, y de competitividad para comparar el desempeño de las EFC de México en un sentido comparativo (entre EFC de México) con el de otras empresas forestales de EE. UU, Chile, Brasil, Argentina, Uruguay, Nueva Zelanda, Sudáfrica, Colombia, Venezuela y Paraguay (Cubbage et al, 2013); así como estudios para evaluar las estrategias de desarrollo de las EFC (Luján-Álvarez et al, 2015).

A nivel empresarial forestal, la estimación de indicadores de productividad empresarial estudiados por Cubbage et al. (2013); Cubbage et al. (2015a); Cubbage et al. (2015b) para obtener indicadores de competitividad empresarial en EFC, funciones de costos, ingresos y ganancia para el manejo forestal, cosecha y transformación de madera a partir de funciones de producción, de costos e ingresos (Cubbage, Davis y Frey, 2011); o para evaluar su desempeño empresarial-competitivo (Rodríguez-Zúñiga, González-Guillén y Valtierra-Pacheco, 2019).

Frey et al. (2019); evalúan el desempeño de la certificación y de los Programas de Subsidio para determinar la competitividad de 27 EFC en México. El Proyecto Paisaje determinó la competitividad y acceso a mercados a través de reducción de costos, mejorar la calidad de los procesos, incrementar la eficiencia y agregar valor a sus procesos para 35 EFC localizadas en 10 estados de México (PNUD, 2017).

La competitividad empresarial mediante indicadores de competitividad ha sido estudiada mediante la Matriz de Análisis de Políticas (MAP), la cual fue creada por Monke y Pearson (1989) y adaptada y documentada por FAO con diversas aplicaciones en Costa Rica (FAO-SEPSA, 2006), Ghana (Winter-Nelson & Aggrey-Fynn 2008), Mozambique (Winter-Nelson, Lemma & Rashid, 2012), Bangladesh (Rashid & Matin, 2018), Honduras (Borges y Pacheco, 2013) y Colombia (Salcedo, 2007). Otra metodología empleada en el análisis de la competitividad de destinos turísticos, en medicina, en hidrología y en estudios sobre árboles monumentales urbanos (Lopes, Muñoz y Alarcón-Urbistondo, 2018; Ozsahin et al, 2017; Vulević y Dragović, 2017) es el análisis multicriterio, útil para medir el nivel de desempeño de factores que participan en procesos de selección y clasificación de alternativas de decisión (Athawale & Chakraborty, 2010; Brans & Vinke, 1985).

Otra aplicación de la competitividad mediante métodos econométricos aplicando el Valor del Producto Marginal (VPM) a funciones de producción tipo Cobb Douglas, de costos e ingresos (Frey et al., 2019; Greene, 2011) y sobre análisis de rendimientos constantes a escala para los insumos productivos (Gould y Lazear, 1998; Salvatore, 1983; Niquidet & Nelson, 2010).

2.3 Literatura citada

- Arias, S., & Segura R., O. (2004). Índice de ventaja comparativa revelada: un indicador del desempeño y de la competitividad productivo-comercial de un país. *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)*, 4
- Athawale V, M., & S. Chakraborty, S. (2010). Facility location selection using PROMETHEE II method. In: Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Consultada en https://www.researchgate.net/publication/228221619_Facility_Layout_Selection_Using_PROMETHEE_II_Method
- Benzaquen, J., Del Carpio, L. A., Zegueria, L. A., & Valdivia, C. A. (2010). Un Índice Regional de Competitividad para un país. *CEPAL*, 102, 69-86
- Borges, R. & J. Pacheco (2013). Análisis de Políticas de Frijol. Tesis de maestría UNITEC, Tegucigalpa.

- Brans, J. P., & Vincke, P. (1985). Note—A Preference Ranking Organisation Method: (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making). *Management Science*, 31, 647-656. doi: /10.1287/mnsc.31.6.647.
- Chandra, B. S. & Shishodia, M. (2017). Agribusiness competitiveness Applying analytics, Typology and measurements to Africa. Discussion paper. 01648. *International Food Policy Research Institute (IFPRI)*. Washington, D.C.
- Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2020). Estado que guarda el sector forestal en México 2019. SEMARNAT. México
- CONAFOR. (2020a). Replanteamiento del Sector Forestal Mexicano. Consultada en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/559118/Replanteamiento_del_Sector_Forestal_CONAFOR_compressed.pdf.
- CONAFOR (2020b). El Sector Forestal de México en Cifras 2019. Consultada en <https://www.gob.mx/conafor/documentos/el-sector-forestal-mexicano-en-cifras-2019>.
- Cubbage, F. W., Davis, R. R., & Frey, G. E. (2011). Guía para la evaluación Económica y Financiera de Proyectos Forestales Comunitarios en México. Banco Mundial Región de Latinoamérica y el Caribe. Documento de Trabajo Forestal Latinoamericano, núm. 2, 45 p.
- Cubbage, F., Davis, R., Rodríguez- Paredes, D., Frey, G., Mollenhauer, R., Kraus-Elsin, Y., ... & Chemor-Salas, D. N. (2013). Competitividad y acceso a mercados de empresas forestales comunitarias en México. Washington, DC: Program on Forests (PROFOR). 132 p.
- Cubbage, F., Davis, R., Rodríguez-Paredes, D., Mollenhauer, R., Kraus-Elsin, Y., Frey, G.,& Chemor-Salas, D. N. (2015a). Community Forestry Enterprises in Mexico: Sustainability and Competitiveness. *Journal of Sustainable Forestry*, 34, 623–650. doi:10.1080/10549811.2015.1040514
- Cubbage, F., Davis, R., Rodríguez- Paredes, D., Kraus-Elsin, Y., Mollenhauer, R., & Frey, G. (2015b). Timber Production Cost and Profit Functions for Community Forests in Mexico. *Tropical Forestry Handbook*. The World Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. 19 p. doi:10.1007/978-3-642-41554-8_222-2
- FAO-SEPSA. (2006). Estudio de competitividad de la porcicultura en Costa Rica con la metodología de Matriz de Análisis de Política (MAP). Costa Rica.
- Flores-Velazquez, R. (2005). Competitividad de la cadena productiva de madera aserrada en México: El caso de la Región Chignahuapan-Zacatlán, Puebla. Tesis Doctorado. CIESTAAM.
- Frey, G. E., Cubbage, F., Holmes, T. P., Reyes-Retana, G., Davis, R. R., Megevand, C.,& Chemor-Salas, D. N. (2019). Competitiveness, certification, and support of timber harvest by community forest enterprises in Mexico. *Forest Policy and Economics*, 107, 1-11. doi:10.1016/j.forpol.2019.05.009.
- Garduño-Rivera, R., Ibarra-Olivo, J. E. & Dávila- Bugarín, R. (2013). La medición de la competitividad en México: ventajas y desventajas de los indicadores. Realidad, datos y espacio. *Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 4, 27-53
- Gould, J. P., & Lazear, E. P. (1998). Teoría Microeconómica. México: Fondo de Cultura Económica.
- Greene W., H. (2011). *Econometric Analysis* (7th edition). USA: Prentice Hall.
- Hernández R. A., & Romero I. (2009). Módulo para Analizar el Crecimiento del Comercio Internacional (MAGIC Plus). Manual para el usuario. México, D.F. CEPAL.
- Huber B., G & Mungaray L., A. (2017). Los índices de competitividad en México. CIDE. México. *Revista Gestión y Política Pública*, XXVI, 167-218

- Ibáñez C. & Troncoso, C. (2001). Algunas teorías e instrumentos para el análisis de la competitividad. Costa Rica: IICA.
- Ibarra-Cisneros, M. A., González-Torres, L. A., & Demuner-Flores, M. Del R. (2017). Competitividad empresarial de las pequeñas y medianas empresas manufactureras de Baja California. *Revista Estudios Fronterizos*, 18, 107-130. doi: 10.21670/ref.2017.35.a06.
- IMCO-RM. (2014). Índice de Competitividad Forestal Estatal. IMCO, A.C. -Reforestamos México, A.C. México. 157 pp.
- Lemonakis, C., Vassakis, K., Zopounidis, C. & Voulgaris, F. (2016). Efficiency, competitiveness and exports of agricultural firms in the post-crisis era: evidence from Greece. *International Journal of Systems Science*, 8, 14–35. doi: 10.1504/IJSS.2016.076006.
- Lopes A., P. F., Muñoz, M. M., & Alarcón-Urbistondo, P. (2018). Regional tourism competitiveness using the PROMETHEE approach. *Annals of Tourism Research*, 73, 1-13. doi.org/10.1016/j.annals.2018.07.003.
- Luján-Álvarez, C., Olivas-García, J. L., González-Hernández, H. G., Vázquez-Álvarez, S., Hernández-Díaz, J. C., & Luján-Álvarez, H. (2015). Forestería comunitaria en México: modelo estratégico para empoderamiento y competitividad en la globalización. *Economía, Sociedad y Territorio*, XV, 665-696.
- Monke, E. A. & Pearson, R. S. (1989). The Police Analysis Matrix for Agricultural Development. USA: Standfort.
- Niquidet K, & Nelson H. (2010). Sawmill production in the interior of British Columbia: a stochastic ray frontier approach. *Journal of Forest Economics*, 16, 257-267.
- Ozsahin, D. U., Uzun, B., Musa, M. S., Helwan, A., Wilson, C. N., Nurcin, F. V., ... & Ozsahin, I. (2017). Evaluating cancer treatment alternatives using Fuzzy PROMETHEE method. *International journal of advanced computer science and applications*, 8, 177-82. doi: 10.14569/IJACSA.2017.081024.
- Padilla, R. (2006). Instrumentos de medición de la competitividad. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) Sede Subregional México. Santo Domingo.
- Porter, Michael (1990). *The competitive advantage of nations*, Mac Millan, London.
- PNUD. (2017). Documento del Proyecto “Fortalecimiento del Manejo Forestal Sustentable con Enfoque de Paisaje”. 118 p.
- Rashid, M.A. & Matin, M.A. (2018). The policy analysis Matrix of pulse crops production in Bangladesh. ISSN 0258-7122 (Print), 2408-8293 (Online) Bangladesh. *Journal of Agricultural Research*, 43, 109-123.
- Rodríguez-Zúñiga, J., González-Guillén, M. De J., & Valtierra- Pacheco, E. (2019). Las empresas forestales comunitarias en la región Mariposa Monarca, México: un enfoque empresarial. *Bosque*, 40, 57-69. doi: 10.4067/S0717-92002019000100057.
- Sachitra, V. & Chong, S-C. (2016). Firm Level Competitive Advantage in the Agricultural Sector: A Research Agenda. *British Journal of Economics, Management & Trade*, 12, 1-12. Article no. BJEMT 24152. doi: 10.9734/BJEMT/2016/24152
- Salas-Navarro, K. & Cortabarría-Castañeda, L. (2014). Análisis competitivo del sector madera y muebles de la región Caribe de Colombia. *Revista Prospect*, 12, 79-89. doi: 10.15665/rp.v12i1.154
- Salcedo B., S. (2007). Competitividad de la Agricultura en América Latina y el Caribe. Matriz de Análisis de Política: Ejercicios de Cómputo. FAO. Santiago de Chile. 113 pp.

- Salinas-Cruz, E; González-Guillén, M. de J; León-Merino, A., & Rodríguez- Hernández, R. F. (2007). La actividad forestal en el desarrollo económico de Chignahuapan, Puebla. *Región y Sociedad*, XXIX,185-218.
- Salvatore, D. (1983). Microeconomía. Teoría y 475 problemas resueltos (2ª. Edición). México: McGraw-Hill.
- SEMARNAT. (2020). Anuario Estadístico de la producción Forestal 2017. México.
- Suñol, S. (2006). Aspectos teóricos de la competitividad. *Ciencia y Sociedad*, 11, 179-198 Instituto Tecnológico de Santo Domingo Santo Domingo, República Dominicana.
- Vulević, T., & Dragović, N. (2017). Multi-criteria decision analysis for sub-watersheds ranking via the PROMETHEE method. *International Soil and Water Conservation Research*, 5, 50-55. doi:/10.1016/j.iswcr.2017.01.003.
- Winter-Nelson, & Aggrey-Fynn, (2008). Identifying Opportunities in Ghana's Agriculture: Results from a Policy Analysis Matrix. International Food Policy Research Institute (IFPRI). Ghana Strategy Support Program (GSSP). 34 pp.
- Winter-Nelson, A., Lemma, S., & Rashid, S. (2012). Market Access and Commercialization: Assessment of Scenarios with Policy Analysis Matrix. IFAD-IFPRI Strategic Partnership Program. Washington DC.

3 LA COMPETITIVIDAD FORESTAL EN MÉXICO: ENFOQUES TEÓRICOS PARA SU MEDICIÓN

Edgar Arturo Sánchez Moreno², Miguel Caballero Deloya³, José María Salas González⁴

3.1 Resumen

Se abordó el concepto de competitividad y sus determinantes, en general y la competitividad forestal de manera específica. Se analizaron los indicadores de competitividad forestal en México y los índices de competitividad forestal en otros países, así como los factores determinantes de la competitividad forestal en el mundo. El Análisis de cadenas de valor y el modelo de Clúster son herramientas usadas en la construcción de índices de competitividad forestal, por lo que su análisis es indispensable para en su caso, implementar esa metodología en México ya que no se cuenta con un índice de competitividad; en sustitución se emplean indicadores de desempeño económico como el Producto interno bruto (PIB), Balanza comercial y consumo aparente; se encontró que existen dificultades para construir un índice de competitividad forestal en México. En su lugar, se define la forma en que es medida la competitividad en México.

Palabras Clave: Cadena de valor, clúster forestal, Modelo de Porter, índices de competitividad.

3.2 Abstract

Forestry Competitiveness in México: Theoretical approaches for measuring

The concept of competitiveness and its determinants, in general, were addressed; and forest competitiveness specifically. The forest competitiveness indicators in Mexico and the forest competitiveness indexes in other countries were analyzed, as well as the determinants of forest competitiveness in the world. The Value Chain Analysis and the Cluster model are tools used in the construction of forest competitiveness indices, so their analysis is essential to implement this methodology in Mexico, since there is no competitiveness index; instead, substitution economic performance indicators such as Gross Domestic Product (GDP), trade balance and apparent consumption are used; It was found that there are difficulties in constructing an index of forest competitiveness in Mexico. Instead, the way in which competitiveness is measured in Mexico is defined.

Key words: Value chain, forestry cluster, Porter model, competitiveness.

² Universidad Autónoma Chapingo, DICIFO. km. 38.5 Carretera Federal México-Texcoco, CP 56230, Chapingo, Edo de México. [easanchez@colpos.mx](mailto: easanchez@colpos.mx)

³ Colegio de Posgraduados. Posgrado Forestal Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco 56230, Estado de México. [mcaballero@colpos.mx](mailto: mcaballero@colpos.mx)

⁴ Universidad Autónoma Chapingo Posgrado en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales. DICEA. km. 38.5 Carretera Federal México-Texcoco, CP 56230, Chapingo, Edo de México. [jmsalasangonzalez@gmail.com](mailto: jmsalasangonzalez@gmail.com)

3.3 Introducción

En el entorno mundial CEPAL destaca la diferencia entre la determinación de la competitividad de empresas, de industrias y de países. De acuerdo al BID (2004) citado por Padilla (2006) y Benzaquen et al. (2010), la medición emplea el Índice de Competitividad del Crecimiento (ICC) e Índice de Competitividad de los Negocios (ICN) publicados en el Informe global del crecimiento (IGC) por el Foro Económico Mundial; Índice de competitividad (IC) desarrollado por el Instituto Internacional para el Desarrollo de la Gestión (IMD por sus siglas en inglés); Índice de Libertad Económica (ILE) por Fundación para el Patrimonio; e Índice de facilidad para hacer negocios (EDBI, por sus siglas en inglés) por el Banco Mundial. Adicionalmente Benzaquen et al. (2010) reporta el índice de Competitividad estatal desarrollado por el Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO), y el índice Competitividad de las ciudades mexicanas desarrollado por el Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE).

Los índices de competitividad internacional de los países reflejan los progresos económicos y sociales e influyen en la conformación geopolítica mundial. Además de ser referentes para la atracción de inversiones y área de oportunidad de negocios entre países (Huber y Mungaray, 2017).

Desde la perspectiva del comercio exterior, es otra forma de conocer la competitividad de un país con respecto a sus socios comerciales. El concepto de competitividad está asociado estrechamente al desempeño del comercio exterior y especialmente al desempeño exportador (Hernández y Romero, 2009). Al respecto, Arias y Segura (2004), documentaron las bases teóricas para usar los índices de Ventajas Comparativas Reveladas (VCR) para la importación y exportación de un país, incluyendo una aplicación de los VCR mediante el Índice de Complementariedad Bilateral Global del Comercio (CBGC). Además, midieron los índices de VCR para el comercio de frutas y hortalizas para América Latina y el Caribe (ALC).

Las empresas forestales comunitarias (EFC) han sido reconocidas por su importancia para el desarrollo en Latino América, y en particular para México. El Banco Mundial y el mismo país han invertido en el desarrollo de ellas y evaluado estas inversiones mediante análisis financieros, de sostenibilidad, y de competitividad (Cubbage et al, 2013). El conocimiento de la competitividad integral (entorno externo e interno a la empresa) permite el monitoreo de variables de la empresa y en su entorno sobre aprovechamiento, producción

industrial, manejo de negocios y en ventas. En ese contexto de competitividad y mercados, es importante referir el modelo de competitividad de Porter (1990), que ha sustentado el diseño y aplicación de estrategias de desarrollo de empresas, como un modelo óptimo para adaptar los factores de la competitividad del desarrollo sustentable de los ejidos y comunidades forestales y empresas forestales comunitarias en México (Luján et al, 2015).

El sector forestal en su conjunto no es competitivo. Caballero (2017) señala que el recurso forestal está severamente deteriorado y disminuido; una producción maderable abatida; la industria forestal afectada por la apertura comercial, con muy limitadas opciones de recuperación en un futuro cercano, y la presión creciente sobre los ecosistemas forestales por parte de la población rural. Es importante entonces conocer los factores que han limitado la competitividad del sector forestal y la forma en que es medida.

3.4 Desarrollo y Discusión del tema

3.4.1 Desarrollo

Concepto de competitividad y sus determinantes

De acuerdo a Porter, 1990; citado por Suñol (2006), la competitividad se refiere a “la capacidad para sostener e incrementar la participación en los mercados internacionales, con una elevación paralela del nivel de vida de la población”. El único camino sólido para lograrlo se basa en el aumento de la productividad.

La competitividad empresarial aborda el desempeño económico relativo a las unidades de análisis en un sentido comparativo (Garduño et al, 2013). Y está asociada con rentabilidad, productividad, costos, valor agregado, participación de mercado, exportaciones, innovación tecnológica, calidad de los productos, entre otros. La cuota de mercado puede ser un indicador útil de la competitividad si la empresa está maximizando beneficios (McFetridge, 1995; citado por Padilla, 2006).

La competitividad puede ser medida a nivel empresa, industria, sector o aglomeración industrial (clúster), país o región (Padilla, 2006). En consecuencia, se emplearán distintas fuentes de información, técnicas para el análisis, e índices para facilitar su interpretación.

A nivel de empresas, el concepto está vinculado directamente con la habilidad de las firmas para operar rentablemente en un mercado determinado. A nivel macro, la

competitividad está relacionada con las ventajas comparativas derivadas de los recursos de un país o región, ya sea tierra, fuerza laboral y capital, o con las ventajas creadas derivadas principalmente de la inversión en formación de capital humano y en esfuerzos de innovación (Padilla, 2006).

La competitividad de un país no puede reducirse solamente al PIB y a la productividad porque en el desempeño de las empresas también influyen las dimensiones políticas, sociales y culturales en que interactúan (CESOP, 2004; Suñol, 2006). Por esa razón la existencia de índices de competitividad que evalúen la infraestructura, la eficiencia de las instituciones gubernamentales incluyendo la política pública, y las que coadyuven a la competitividad de las empresas es un binomio ideal (Huber y Mungaray, 2017). Sin embargo, los estudios en México no han seguido este camino, porque, por un lado, aparte de ser solo cualitativos, se han desarrollado índices parciales con limitada información sectorial sin cubrir la totalidad de la cadena productiva forestal, y por otro, constituyen una estimación de indicadores de productividad empresarial más que de competitividad. La empresa es la base del análisis de competitividad de un país, adicionalmente a la visión institucional. La competitividad empresarial y sus determinantes es abordada desde distintos enfoques (Cuadro 1)

Cuadro 1. Enfoques para medir la competitividad empresarial.

Enfoque	Determinantes	Autor
Modelo de Porter	Las condiciones de los factores. Estructura de la industria y esquema de competencia que las empresas tienen entre sí. Las condiciones de la demanda. Industrias afines y de apoyo.	Porter (1990); citado por Suñol (2006).
Competitividad sistémica	Sistemas de innovación que aceleren la acumulación de capacidad tecnológica, el apoyo a la diversificación y la creación de encadenamientos productivos, y la provisión de servicios de infraestructura de calidad	CEPAL 1990; CEPAL 1996; citado por Suñol, (2006).
Competitividad estructural	Gestión exitosa de las empresas, fortaleza y eficiencia de la estructura productiva nacional, tendencias a largo plazo, la infraestructura técnica y otros factores determinantes de las externalidades	OCDE (1992); citado por Suñol (2006).
Dimensiones de competitividad	Objetivos, Procesos de producción, Certificaciones, Flexibilidad productiva, Estructura de costos,.....Capacitación y adiestramiento, Rotación y clima laboral, Seguridad e higiene, Compensaciones, ...Programa de manejo de desechos, Políticas de reciclaje, Normatividad,...Tecnologías de la información.	Ibarra et al. (2017).
Grado de desarrollo y sus	Organización, direccionamiento estratégico, gestión de mercados, logística, calidad, producción, gestión financiera, gestión de talento humano e innovación	Salas-Navarro y Cortabarría-Castañeda (2014).

competencias		
Ventaja competitiva	Amenaza de entrada de nuevos competidores; intensidad de la rivalidad del mercado; presión de productos sustitutos; poder de negociación de los compradores; y poder de negociación de los proveedores. Lo que deriva en ventajas de costos y productos únicos.	Sachitra y Chong (2016).
Recursos	Métodos de producción y de organización (reflejados en precio y en calidad del producto final) en relación con los de sus rivales en un mercado específico. Material (financiero, edificios, equipos y tecnología), no material (marcas, licencias, reputación y red) y competencias (conocimiento, habilidades organizativas, capacidad de identificar oportunidades de mercado y la capacidad de producir innovaciones)	Abdel y Romo (2004); citado por Ibarra et al. (2017). Sachitra y Chong (2016).
Desempeño económico	Rentabilidad, productividad, costos, valor agregado, participación de mercado, exportaciones, innovación tecnológica, calidad de los productos, entre otros. La cuota de mercado.	McFetridge (1995); citado por Padilla (2006).
Unidad económica	Ingreso, el costo, la competitividad precio-costo y la competitividad tasa de ganancia.	Ibáñez y Troncoso (2001)
Indicadores financieros tradicionales	Rentabilidad del crecimiento, Rentabilidad de los activos (ROA), Rentabilidad del capital (ROE), y ganancias antes de intereses, impuestos, depreciación y amortización (EBITDA).	Chandra y Shishodia (2017).
Grado de desarrollo y competencias	Organización, direccionamiento estratégico, gestión de mercados, logística, calidad, producción, gestión financiera, gestión de talento humano e innovación	Salas-Navarro y Cortabarría-Castañeda (2014).
Costos de producción	Costo de Recursos Domésticos, Costo de Recurso Bilateral, Relación de costo privado, y relación Costo-Beneficio).	Chandra y Shishodia (2017).
Rentabilidad	Productividad (Factor total de productividad) y eficiencia.	Chandra y Shishodia (2017).
Atributos de empresas	Tamaño, edad, apalancamiento, liquidez, Crecimiento en activos fijos y crecimiento en maquinaria, cambio en intangibles, macrovariables	Lemonakis et al. (2016).

Fuente: Elaboración propia

Existe una distinción entre los términos competencia y competitividad. La competencia hace referencia a una forma de organización de la actividad económica destinada a alcanzar una meta; es decir consiste en disciplinar a los agentes para que suministren artículos y servicios de alta calidad y bajo precio (Porter, 1990). La competitividad, emana del concepto de competencia y surge por el proceso de globalización; definiéndose como la capacidad de acceso de una empresa o territorio al mercado doméstico o de exportación. Cuando una

empresa aumenta su participación en el mercado doméstico o en el comercio internacional se considera que su competitividad ha mejorado (Fajnzylber, 1988).

Para Porter (2003) la competitividad se desarrolla a nivel de empresa, de industria y de país, aunque es suficiente por sí misma para explicar el flujo comercial en cada nivel, afirmando que este concepto se crea y que está en función del sector industrial. Para lograr la competitividad se debe agregar el concepto de cadena de valor que son las actividades físicas y tecnológicamente específicas que se llevan a cabo en las empresas, utilizando insumos adquiridos, recursos humanos, información, etc.; generando un incremento en la productividad.

Luján et al. (2015) señala que la competitividad forestal, la globalización y la competencia internacional impactan en la forma de operar de las empresas forestales; sin embargo, gracias a la apertura de mercados existen nuevas oportunidades y retos para permitir que las inversiones, el capital y las tecnologías aporten ventajas comparativas y competitivas para la operación de la empresa: 1) ventajas comparativas: costos de disponibilidad (materias primas, reducción de costos y cercanía), y 2) ventajas competitivas: desarrollo de habilidades y capacidades (tecnología, investigación e innovación).

Blaug (1985) y Guerrero (1996) mencionan que la ventaja comparativa (que se determina por la diferencia de costo-precio relativo entre países), da lugar a las corrientes del comercio internacional por lo que el producir mejor significa producir con menor uso de mano de obra.

Porter (1990) destaca la ventaja competitiva de la empresa en donde relaciona ciertos atributos específicos de los países como la dotación de factores (la innovación, la educación, la capacitación), además de la tecnología, la producción con rendimientos crecientes a escala, la diferenciación de productos, la homogenización y el patrón internacional de consumo.

Diversos estudios han identificado las áreas o dimensiones dentro de las empresas sobre todo las manufactureras en México que contribuyen en mayor medida a la competitividad de las mismas, entre los determinantes de la competitividad destacan: Recursos tecnológicos, la innovación, procesos y gestión de la calidad de los productos y los recursos humanos; perfil exportador, capacidad financiera, mercadotecnia, relaciones con el exterior, política de costos y relación con proveedores (Aragón *et al.*, 2010; Aragón y Rubio, 2005; Flores y González, 2009; Martínez *et al.*, 2013; Estrada *et al.*, 2009; citados por Ibarra,

et al, 2017). En resumen, son los aspectos tecnológicos, la innovación, la calidad de los productos, el capital humano y la comercialización que juegan un papel trascendental en el nivel de competitividad y éxito en las empresas.

Referente a los índices de competitividad, existen los índices de competitividad internacional de los países los cuales reflejan los progresos económicos y sociales e influyen en la conformación geopolítica mundial. Además de ser referentes para la atracción de inversiones y área de oportunidad de negocios entre países (Huber y Mungaray, 2017). La existencia de índices de competitividad que evalúen la infraestructura, la eficiencia de las instituciones gubernamentales incluyendo la política pública, y las que coadyuven a la competitividad de las empresas es un binomio ideal (Huber y Mungaray, 2017).

El concepto de competitividad está asociado estrechamente al desempeño del comercio exterior y especialmente al desempeño exportador (Hernández y Romero, 2009). A nivel del comercio exterior, los indicadores que miden competitividad denominados índices de competitividad global son Consumo Nacional Aparente (CNA), Balanza Comercial Relativa (BCR), Índice de Transabilidad (IT), Coeficiente de Dependencia Comercial (CDC), Índice de Grado de Exportación (GE), Índice de Ventaja Competitiva Revelada Normalizada (IVCRN) y han sido aplicados a estudios de competitividad en México por Caamal, Pat, Caamal y Jerónimo (2017), Flores-Velázquez (2005) y Pat et al. (2016).

La competitividad forestal

A partir de los enfoques teóricos sobre la competitividad y sus componentes, se ha generado un concepto de competitividad forestal. La competitividad a la actividad forestal se define como la “capacidad de las empresas para producir más barato y con mayor eficiencia que las empresas de otras naciones”, por lo que el cambio del costo de producción debe ser el motor más importante para determinar los cambios de competitividad en una nación. Para Sasatani (2009), competitividad “*es la capacidad de la empresa para proporcionar productos tan o más efectiva y eficientemente en comparación con sus competidores y permanecer en el negocio para tener la capacidad de explotar las oportunidades de mercado existentes y generar nuevos mercados*”.

Desde la perspectiva del recurso forestal, la Competitividad, específicamente para el sector forestal mexicano, se enfoca en medir la “*capacidad que tienen los bosques y sus habitantes para atraer y retener inversión y talento e incrementar su riqueza económica*”.

social y ambiental en el tiempo". En otras palabras, un bosque competitivo es aquél que aproveche de manera sustentable sus recursos y, a la vez, mejore su entorno ambiental y social en el tiempo [Instituto Mexicano de la competitividad - Reforestamos México] (IMCO-RM, 2014). Es decir, a través de toda la cadena productiva y de valor (bosque, industria y comercialización), la competitividad forestal se refiere a la "posición que guardan en el mercado las empresas, con respecto a sus competidores", y se puede mejorar mediante la consolidación de cadenas de valor, desarrollo de mercados y fortalecimiento de la industria (CONAFOR, 2018).

En México, la CONAFOR, instancia encargada del fomento a la producción forestal maderable y a la conservación de los recursos forestales, entre otros objetivos; programas como la Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable para el Incremento de la Producción y Productividad (ENAIPROS) para implementar y mejorar el manejo en los ecosistemas forestales del país buscando que las personas que habitan las zonas forestales se beneficien y obtengan desarrollo económico. Por lo que fortalecer el capital social de las personas propietarias de los recursos forestales, es el principio fundamental para iniciar el desarrollo social (CONAFOR, 2013; CONAFOR, 2018). Se enfoca en los 15,584 ejidos y comunidades forestales, los cuales tienen un manejo relativamente autónomo de los recursos forestales para generar beneficios económicos, sociales y ambientales para mejorar su calidad de vida. Los núcleos agrarios son propietarios del 45.5% de la superficie total forestal del país (62,639,719 ha) (CONAFOR, 2020; Frey et al, 2019; Reyes et al, 2012).

El concepto de competitividad forestal fue abordado y atendido por la ENAIPROS al identificar como prioridad la promoción del aprovechamiento sustentable de los recursos forestales, dados los bajos niveles de producción y productividad, y la falta de rentabilidad y competitividad del sector forestal. Sin embargo, no se definen con claridad los conceptos de *competitividad*, *rentabilidad*, *producción*, *productividad*, *sustentabilidad* y *empleo*; conceptos relevantes de la planeación nacional. Y en su lógica vertical no estructura y jerarquiza tales conceptos, por ejemplo, establece a la *rentabilidad* como un objetivo inferior a los objetivos de *aprovechamiento sustentable*, *productividad*, *producción* y *conservación de la biodiversidad*, cuando la *rentabilidad* es el efecto directo de los factores anteriores. Es decir, para que haya rentabilidad, se requieren el aprovechamiento sustentable e incrementar la producción y la productividad. Lo mismo ocurre con concepto de *producción y productividad forestal*, al señalar como objetivo el "incrementar la competitividad del sector forestal"; lo que

jerárquicamente es incorrecto, puesto que la competitividad es una consecuencia del incremento de la producción y la productividad. (UACH, 2015).

El concepto de competitividad se utilizó ampliamente en una de las acciones clave del ENAIPROS, que consistió en incrementar la competitividad del sector forestal, mediante consolidación de cadenas de valor, desarrollo de mercados y fortalecimiento de la industria (UACH, 2015). Lo que se interpreta que la industria está ligada a mercados desarrollados y ambos conforman cadenas consolidadas, por lo que se buscaba el desarrollo de la industria forestal, fomentando la certidumbre en el suministro de madera (oferta) y el mantenimiento de una planta productiva con una tecnología moderna competitiva.

De manera paralela al programa ENAIPROS, se creó el Proyecto para el Fortalecimiento del Manejo Forestal Sustentable con Enfoque de Paisaje (PFMFS “Paisaje”), durante el periodo de 2017 a 2019; para darle un sentido económico y social a la estrategia, a la vez de garantizar la participación de los actores en las cuencas (productores, industriales, consumidores, instituciones). El enfoque se basó en la implementación de *prácticas de manejo más sustentables* y el acompañamiento a la *competitividad de empresas y productores*, para lograr un manejo con enfoque de paisaje que permitiera un *aprovechamiento más efectivo, mayor rentabilidad y competitividad del sector* y con ello, mejores condiciones de desarrollo territorial (PNUD, 2017).

El Programa Nacional Forestal (PRONAFOR) 2014-2018 aborda el concepto de competitividad, sin embargo, al igual que para la CONAFOR, la ENAIPROS y el Proyecto Paisaje, tanto la *rentabilidad y empleo*, al igual que *producción, productividad y sustentabilidad*, no son definidos por lo que existe una ambigüedad en la jerarquía y dificultades para estructurar el concepto de competitividad con respecto a los demás conceptos mencionados. Y, en consecuencia, dificultad para integrar sus componentes.

De manera similar a lo observado en los programas implementados por la CONAFOR, existen diversos estudios sobre la Empresa Forestal Comunitaria (EFC) que abordan la competitividad, sin definirla ni jerarquizarla con respecto a la rentabilidad financiera y de sostenibilidad (Cubagge et al, 2013) usada para comparar el desempeño de las EFC de México a través de análisis estadísticos básicos, con el de otras empresas forestales de EE. UU, Chile, Brasil, Argentina, Uruguay, Nueva Zelanda, Sudáfrica, Colombia, Venezuela y Paraguay.

Indicadores de competitividad forestal en México

Los estudios sobre competitividad forestal en México se han enfocado en conocer los factores que inciden en la contribución del sector forestal a partir de las estadísticas oficiales disponibles (ITAM, 2010); usando información limitada sectorial sin cubrir la totalidad de la cadena productiva forestal para generar índices forestales estatales como el Índice de Competitividad Forestal Estatal (ICoFE) (IMCO-RM, 2014); y han estado limitados por la dificultad de acceder a información a nivel empresa, por lo que se han basado en una estimación de indicadores de productividad empresarial más que de competitividad, como los reportados por Cubbage et al. (2013) y Cubbage et al (2015a), obteniendo indicadores de competitividad empresarial a partir de Empresas Forestales Comunitarias (EFC).

Cubagge et al, (2015a) utilizan indicadores sobre competitividad adicionales a los análisis financieros, de rentabilidad, y de sostenibilidad para 30 EFC distribuidas en 12 estados de México para evaluar el manejo del bosque, las actividades de aprovechamiento y los aserraderos para toda la cadena de valor. Cubagge et al, (2015b), obtienen indicadores sobre costos, ingresos y ganancia para el manejo forestal, cosecha y transformación de madera a partir de funciones de producción, de costos e ingresos. Frey et al, (2019); evaluaron el desempeño de la certificación y de los subsidios para determinar la competitividad de 27 EFC en México. El Proyecto Paisaje determinó la competitividad y acceso a mercados a través de reducción de costos, mejorar la calidad de los procesos, incrementar la eficiencia y agregar valor a sus procesos para 35 EFC localizadas en 10 estados de México (PNUD, 2017).

Se han identificado los componentes de la competitividad, a partir de diversos estudios, como los de Cubagge et al, (2013); Cubagge et al, (2015a) en donde evalúan la competitividad financiera usando: Valor Actual neto (VAN), el valor esperado del suelo (VES), valor futuro (solo manejo), precios de productos y costos, ingresos y ganancia (utilidad). Para Cubagge et al, (2013), los factores que determinan la competitividad son la certificación forestal, la tipología de la empresa y el tamaño del área de producción. Cubagge et al, (2015b), destacan que el volumen de madera cosechado y el tamaño del área de cosecha influyen en los costos e ingresos de aprovechamiento, de hecho, los costos de cosecha de madera son inversamente proporcionales a los volúmenes de venta, y los ingresos se incrementan con los volúmenes de venta; y el volumen procesado influye en los costos e ingresos del proceso de transformación, de hecho, los costos de transformación se

relacionaron inversamente a la producción de madera, incrementando los ingresos cuando aumenta la producción.

Los indicadores que mejoran la competitividad en las empresas, de acuerdo a CONAFOR (2019) son: el acceso a mercado e igualdad de género, Volumen Autorizado (m^3), Porcentaje de volumen aprovechado (%), Calidad de madera por clase (%), Precio de venta (\$/pie tabla-pt), Utilidad de ventas (\$/pt), Ventas a empresas certificadas por el FSC (%), Ingresos netos (\$), Coeficiente de aprovechamiento (%), Costos de producción (\$/pt), Total de trabajadores, Total de mujeres, % de mujeres, Mujeres en operaciones (#), Mujeres en toma de decisiones (#), Tipo de certificación y Cadena de custodia (CoC).

Flores- Velázquez (2005), analiza la competitividad para el sector forestal específicamente de madera aserrada, con base en la balanza comercial relativa, el indicador de transabilidad, el indicador de especialización, el coeficiente de dependencia comercial, el coeficiente de exportaciones, y la participación en los mercados de destino del producto que es el mercado nacional; y analiza los componentes de la cadena productiva para 92 industrias de madera aserrada a nivel regional Chignahuapan-Zacatlán, Puebla; comparando entre industrias de la región y con otras industrias ubicadas en los estados de Durango, Chihuahua y Edo. de México. Los indicadores para determinar la competitividad fueron: rendimientos en la agroindustria, costos de producción, calidad de productos, precios del producto en el mercado y utilidad de ventas. La industria forestal en la Región Chignahuapan-Zacatlán contribuyen significativamente al desarrollo de Chignahuapan (Salinas-Cruz et al, 2017). Por su parte Rodríguez-Zúñiga et al. (2018), mediante un Análisis estratégico de la cadena productiva forestal en la región de la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca determinaron que hay una desvinculación de la cadena productiva forestal.

Finalmente, para México los indicadores del sector forestal son abordados con información de recursos forestales, servicios ambientales y aspectos sociales y económicos (CONAFOR, 2020); y a su vez el aspecto económico es abordado como competitividad y balanza comercial (CONAFOR, 2020a); como indicadores económicos del sector forestal (SEMARNAT, 2020); y como aspectos económicos (CONAFOR, 2020; 2020b).

Índices de competitividad forestal en otros países

La comparación de los índices sobre la competitividad de la industria mundial de productos forestales, es útil entre países para resaltar los puntos fuertes y débiles del entorno empresarial de los principales participantes para determinados sectores de la industria de los productos forestales, para proporcionar una base para un debate informado y deliberación sobre la dirección futura, y para ayudar en la identificación del alcance para una intervención política rentable, además el informar sobre la posición competitiva comparativa es fundamental para un despliegue eficiente de recursos valiosos (Mehrotra & Kant, 2010).

La competitividad ha sido determinada a partir de índices para sectores forestales de algunos países como Nueva Zelanda, Canadá y Macedonia; a nivel regional para Asia Pacífico y Unión Europea, y a nivel estado en el caso de México.

En Nueva Zelanda, la competitividad, medida por el índice de la industria de procesamiento de madera considera los componentes siguientes: *Recursos maderables, Procesamiento maderable, Desarrollo de mercados, Conocimiento de la industria, Atracción para invertir, Energía y Ambiente* (Ortiz, 2004).

El Índice de competitividad nacional para seis sectores industriales de la industria de productos forestales en la región de Asia Pacífico consideró los factores siguientes: *Condición de la demanda, existencias de recursos forestales, facilidad para el aprovechamiento, y operación del abastecimiento y productividad, disponibilidad de áreas, inversión de tierras y competencias gerenciales; industria relacionada, costos de energía, costo de mano de obra, productividad y eficiencia, inversión de capital, operación, productividad e innovación* (Sasatani, 2009).

En Canadá, los factores que determinaron la Competitividad Global para industrias de productos forestales fueron: *Condiciones de los factores, Tecnología, Administración de sistemas, Mercados, Industrias de soporte relacionadas, Políticas públicas y gobierno, y Estrategias de las empresas* (Mehrotra & Kant, 2010).

En Macedonia, los factores que determinaron la competitividad fueron: *Condiciones de los factores, condiciones de la demanda, Estrategias de las empresas, estructura y rivalidad; e industrias relacionadas y de soporte* (Savic, Stojanovska y Stojanovski, 2011).

La determinación de la competitividad del sector forestal para 15 países (Austria, Bulgaria, Croacia, República de Chipre, República Checa, Finlandia, Francia, Alemania, Italia, Portugal, Rumania, Eslovaquia, Eslovenia, Suecia y Reino Unido) consideró los factores siguientes: producción total, superficie forestal arbolada, existencias de recursos

forestales, incremento neto anual de madera, formación bruta de capital, productividad laboral e ingreso empresarial neto (Kolev, 2019).

Para México, los componentes del Índice de Competitividad Forestal Estatal (ICoFE) fueron: Potencial de aprovechamiento forestal, Sofisticación de la producción (Productividad por empresa, precio promedio, crédito e inversión), Permanencia de los bosques, y Condición sociopolítica de los bosques (IMCO-RM, 2014). El Cuadro 2 resume las características de los principales índices forestales analizados.

Factores determinantes de la competitividad forestal en el mundo

De acuerdo a los Cuadros 1 y 2, que abordan la competitividad en general y de manera particular para la actividad forestal, respectivamente, los factores que definen la competitividad forestal son muy variables, sin embargo, en los estudios de IMCO-RM (2014), ITAM (2010), Mehrotra y Kant (2010), Ortiz (2004), Sasatani (2009), Tañski, Báez y Aquino (2015) y Tañski, Báez y Cléríci (2010) el empleo de indicadores para construir índices de competitividad a nivel sectorial, estatal, regional o empresarial han ayudado a sistematizar la información a partir de: *datos sobre la existencia de recursos forestales maderables, facilidad para el aprovechamiento, y operación del abastecimiento y productividad, procesamiento maderable, desarrollo de mercados, costos y estrategias de las empresas para aumentar valor agregado (certificación específica o grupal), condición sociopolítica presente.*

Cuadro 2. Características de los índices sectoriales forestales para algunos países.

Características	ICNZ 2004	ICNAP 2009	ICGC 2010	ICM 2011	ICoFE 2014	ICNUE 2019
Indicadores y Subíndices	37 indicadores con 6 subíndices: i. Recursos maderables ii. Procesamiento maderable y Conocimiento de la industria iii. Desarrollo de mercados iv. Atracción para invertir v. Energía vi. Ambiente	77 indicadores en 24 subíndices: -13 indicadores con 4 subíndices para bosque nativo. -12 indicadores con 4 subíndices para plantaciones. -11 indicadores con 5 subíndices para la industria del aserrío. -12 indicadores con 5 subíndices para la industria de la madera contrachapada. -14 indicadores con 5 subíndices para la industria de tableros de fibra. -15 indicadores con 6 subíndices para la industria de celulosa y papel.	65 indicadores con 7 subíndices: i. Condiciones de los factores. ii. Tecnología. iii. Administración de sistemas. iv. Mercados. v. Industrias de soporte relacionadas. vi. Políticas públicas y gobierno. vii. Estrategias de las empresas.	18 indicadores con 4 factores: 1. Condiciones de los factores (7) 2. Condiciones de la demanda (2) 3. Estrategias de las empresas, rivalidad (3) 4. Industrias relacionadas y de soporte (6)	42 indicadores con 4 subíndices: i. Potencial de aprovechamiento forestal. ii. Sofisticación de la producción. iii. Permanencia de los bosques. iv. Condición sociopolítica de los bosques.	7 Indicadores: 1. Producción total 2. Superficie forestal arbolada 3. Existencias de recursos forestales 4. Incremento neto anual de madera 5. Formación bruta de capital 6. Productividad laboral 7. Ingreso empresarial neto
Estudio comparativo	Externo: Australia, Chile, Rusia, Suecia, EE.UU. Brasil, China e India. Ranking	Externo: Entre 35 países de la Región Asia Pacífico. Ranking y clúster (4 niveles)	Externo: Brasil, Canadá, Chile, China, Estados Unidos y la Unión Europea Interno (provincias): Quebec, Ontario, Colombia Británica y Alberta. Ranking	Externo: 14 países Macedonia, Austria, Bulgaria, Estonia, Letonia, Hungría, República Checa, Finlandia, Alemania, Polonia, Rumania, Eslovaquia, Eslovenia, Suecia	Interno: Entre estados de México. Se elabora un ranking y un clúster (5 categorías)	Externo: 15 países Austria, Bulgaria, Croacia, República de Chipre, República Checa, Finlandia, Francia, Alemania, Italia, Portugal, Rumania, Eslovaquia, Eslovenia, Suecia y Reino

Nivel de estudio	Países	Países	Clústeres conformados por empresas, proveedores, industrias relacionadas e instituciones.	Países	Solo primer eslabón de la cadena productiva forestal	Unido. Ranking Países
Índices Globales de referencia	Índice de Competitividad Global (ICG), publicado en el Anuario del Foro Económico Mundial.	Índice Nacional de Competitividad (INC) desarrollado por FAO ICG	ICG e Índice de Competitividad de los Negocios, ICN (FEM). Índice de Competitividad Anual (IMD)	No se usaron	No se usaron	No se usaron
Metodologías	Cualitativa y cuantitativa, escala 1-10.	Diamante de Michael Porter y los ponderadores por subíndices e indicadores son dados por expertos en el tema.	Diamante de Michael Porter, Clústeres, Teoría de Buckley. Escala 1-6	Diamante de Michael Porter	Modelo Presión-Estado-Respuesta; Escala 0-100	Cuantitativa. Escala 0-1
Técnicas estadísticas	Índice = Promedio ponderado = (60%*ICG) + (40%*Promedio simple)	Ponderación	Promedio simple	No indica	Análisis de Componentes Principales (ACP)	Análisis de Componentes Principales (ACP)
Fuente de información	Sin dato	Estadísticas de FAO y de entrevistas.	Entrevistas a empresarios de cada país sobre producción de maderas de coníferas y pulpa. Análisis sectorial de dos industrias.	Estudio de caso, datos cuantitativos, fuentes documentales, registros, literatura académica, publicaciones, artículos y sitios web.	Modelo Presión-Estado-Respuesta; Estadísticas sectoriales.	Estadísticas EuroStata
Fuente	(Ortiz, 2004)	(Sasatani, 2009)	(Mehrotra & Kant, 2010)	(Savic et al, 2011)	(IMCO-RM, 2014)	(Kolev, 2019)

Fuente: Elaboración propia.

Notación: **ICNZ** (Índice de competitividad de la industria de procesamiento de madera de Nueva Zelanda; **ICNAP** (Índice de competitividad nacional de la industria de productos forestales en la región de Asia Pacífico); **ICGC** (Índice de Competitividad Global para industrias de productos forestales para Canadá); **ICM** (Estimación del nivel de competitividad del sector forestal para Macedonia); **ICoFE** (Índice de Competitividad Forestal Estatal para México); **ICNUE** (Estimación del nivel de competitividad del sector forestal para algunos países miembros de la Unión Europea en el año 2016).

Ortiz (2004) asume que la actividad forestal industrial es parte del entorno comercial de un país y que se ve afectada significativamente por el nivel general de competitividad de éste. Por lo que la existencia de factores específicos para la industria forestal maderable afecta la competitividad del sector, independientemente del nivel general de competitividad de ese país, aunque existe una relación directa entre estos.

Tañski et al (2010), consideró cuatro aspectos claves que limitaban el desarrollo de la actividad sectorial y frenaban la competitividad de las empresas forestales en Misiones, Argentina: *la crisis energética, una baja sostenida de las exportaciones, una fuerte carga tributaria y serias dificultades en la disponibilidad de la oferta de la materia prima*. Y complementa el estudio identificando una baja productividad y reducida eficiencia de las empresas que conforman el sector forestal, como factores que limitan la competitividad. Ambos factores dependen de las tecnologías y la innovación (en procesos, productos o gestión) y estas dimensiones, de las variables políticas, sociales, económicas, financieras y otras, en el territorio donde residen las empresas (Tański et al, 2015).

La productividad y los costos de producción son los factores que ayudan a explicar la competitividad de un país (Sasatani, 2009). La productividad, es el mejor indicador para estimar competitividad. La productividad se define como la tasa de un volumen de medida del producto con relación a un volumen de medida de uso de factores productivos (Padilla, 2006).

De acuerdo a los estudios sobre competitividad forestal revisados en esta investigación, el Modelo de Porter, las ventajas comparativas y competitivas, el Modelo de Clúster, y los Índices de competitividad Global o Generales, han sido la base para determinar la competitividad forestal y crear los índices de competitividad sectorial forestal para los países analizados por IMCO-RM (2014), ITAM (2010), Mehrotra y Kant (2010), Ortiz (2004), Sasatani (2009), Tański et al. (2010) y Tański et al. (2015)

El Modelo de Porter es el pilar para los índices de competitividad más populares como el Índice de Competitividad Global publicado por el Foro Económico Mundial y el Índice de Competitividad publicado por el IMD, y estos a

su vez han derivado los índices de competitividad global de la industria de productos forestales (Sasatani, 2009; Mehrotra y Kant, 2010).

Por lo anterior, se identifican dos herramientas básicas para la conformación de un índice de competitividad forestal: Análisis de cadena de valor y de clúster.

Análisis de cadenas de valor

De acuerdo a CONAFOR, la Cadena productiva forestal “Son alianzas comerciales que establecen entre sí empresas que comercializan productos y servicios forestales, con el propósito de agregar valor.”, “Agrupación de actores y procesos que se integran en forma complementaria y que intervienen en la incorporación de valor agregado a los bienes y servicios, hasta llegar al consumidor final” (CONAFOR, 2018).

El enfoque de cadena de valor está orientado mayormente a identificar la eficiencia de las transacciones dentro de un encadenamiento; esencialmente es lineal. En contraste, un enfoque de clúster es sistémico: incluye el análisis de las cadenas de valor que forman parte del clúster, tiene una orientación estratégica, y se centra en resolver las fallas de coordinación e información a través de una mayor (y mejor) participación de las instituciones. Los proyectos de integración de cadenas tienden a enfocarse en beneficiarios específicos, como los productores de cierto sector; los proyectos de clúster normalmente involucran a los actores de la cadena y, además, a cualquier entidad que tenga el potencial de influir en él: academia, instancias de investigación y desarrollo, gobierno, instituciones informales (usos y costumbres, prácticas empresariales, confianza). En suma, el análisis de las cadenas de valor es una de varias herramientas que puede utilizar el enfoque de clúster (SAGARPA-FAO, 2013).

Anta-Fonseca (2016), señala que la cadena de valor forestal en Oaxaca se encuentra basada en la propiedad de la materia prima (madera) por parte de las comunidades. Destaca que un número importante de las comunidades forestales de Oaxaca ha logrado en los últimos 25 años apropiarse del proceso productivo y

llegar incluso a dar valor agregado a sus productos forestales hasta llegar a la producción de muebles. Plantea resolver acciones sociales, económicas y de competitividad para mejorar la eficiencia de las empresas Forestales en Oaxaca.

El modelo de Clúster y la competitividad forestal

Un clúster en el mundo industrial (o clúster industrial) es una concentración de empresas, instituciones y demás agentes, relacionados entre sí por un mercado o producto, en una zona geográfica relativamente definida, de modo de conformar en sí misma un polo de conocimiento especializado con ventajas competitivas (Porter, 2003).

Las características de un clúster son: Impulsan el desarrollo de mercados e implementación de competitividad; existen intereses comunes e interdependencias entre las empresas que forman el clúster; existe interacción entre los productores y los suministradores de servicios, insumos, otros; las necesidades tecnológicas se centran en la innovación (Bonita, Correa, Veijalainen y Ahvenin, 2002).

Para identificar un clúster es necesario analizar el papel de los agentes que intervienen en el clúster, es decir su integración vertical y dimensión tecnológica con características similares en los procesos de la cadena de valor, así como requerimientos de tecnología (Bonita et al, 2002)

En el sector forestal mundial, existen clústeres industriales forestales en Suecia, Chile, Brasil y Finlandia. Finlandia ha diversificado sus actividades económicas, pero el clúster forestal, incluyendo las innovaciones tecnológicas, continúa siendo uno de los pilares de la economía del país. El clúster chileno se ha fortalecido gracias a las tecnologías llave en mano adquiridas en países nórdicos y los resultados generados; el conocimiento de las necesidades de los clientes y la integración en clúster, además de que se garantiza la provisión de materias primas.

Los estudios de clúster se realizan con el fin de elevar la competitividad empresarial y crear o fortalecer cadenas productivas. Y pueden hacerse bajo una actividad económica agregada (casos exitosos) o a partir de una base

desagregada; es decir, de una actividad económica en proceso de desarrollo para conformar un clúster exitoso. Por lo tanto, para desarrollar el sector forestal es necesario fomentar e impulsar la integración, tanto horizontal como vertical, de clústeres o agrupaciones de empresas (Linda *et al.*, 1991); y aumentar la participación en un mercado específico e incrementar el índice de ventaja comparativa (Porter, 1990).

En México la limitada integración vertical y horizontal del sector forestal, ha limitado la creación de clústeres industriales forestales, no así para otros sectores como la minería, manufactura, construcción, electricidad, gas, agua, tecnología de la información, sectores agrícola, acuícola y pecuario (García, 2017; Laguna, 2010; SAGARPA-FAO, 2013). Dentro de las aplicaciones de modelos de clúster en el ámbito forestal existen diversos estudios para diagnosticar la implementación de clúster forestales en México como los abordados por Bonita *et al.* (2002); Luján *et al.* (2015)

Recientemente, se han documentado mediante notas periodísticas y páginas web la existencia de clústeres forestales para los estados de Jalisco y Oaxaca; se han propuesto la creación de cuencas forestales industriales del Golfo de México (Jaakko Pöyry Consulting, s/f), del Noreste de México (Fase 1) (Pöyry Forest Industry Consulting Oy (2009) y de la Huasteca (Felipe Ochoa y Asociados S.C., 2009); así como una serie de recomendaciones para conformar la cadena productiva y crear clústeres forestales regionales descritos en los más de 38 Estudios de cuencas de abasto forestal (CONAFOR, 2015).

El clúster forestal de Jalisco, creado en el año 2014 con una producción promedio de 250 mil metros anuales de madera en rollo con un potencial de producción de tres millones de metros cúbicos, aglutina a silvicultores, muebleros, la Cámara de la Industria Maderera y todos los industriales de la cadena productiva de la madera, entre los que destacan 47 empresas madereras, 8 organizaciones y cámaras, 22 aliados con el medio ambiente, vinculación con 7 instancias gubernamentales y con 6 de la academia. Se conforma por las asociaciones civiles, cámaras de comercio de la madera e instituciones educativas (Clúster Jalisco, 2020)

Respecto al Clúster Madera-Mueble de Oaxaca, creado en el año 2017 con una producción promedio de 493 mil metros cúbicos anuales de madera en rollo (tercer nivel en producción forestal) y con más de 100 mil has certificadas, la cadena de valor que lo compone es el sector madera y el del mueble, cámaras industriales de la madera, instancias de financiamiento, de certificación y centros de investigación (Clúster Oaxaca, 2020).

3.4.2 Discusión

La similitud para México de los componentes que definen competitividad forestal en otros países es alta ya que considera además información de los recursos relativa a existencias, incrementos y procesamiento (tecnologías), además de obtener *rankings* y *agrupar estados de acuerdo a su competitividad*; sin embargo, existen amplias diferencias, tales como son: *Incluye solo el primer eslabón de la cadena productiva forestal, carencia de información de empresas forestales, incluye las dimensiones económica, ambiental y social, no se usó la metodología de Porter ni el análisis de clústeres, fuentes de información a partir de estadísticas forestales, consulta a expertos para elaborar ponderación de factores, y el análisis estadístico de los datos es robusto.*

Para México existen dificultades para construir un índice de competitividad forestal, ya que solo cuenta con información sobre el manejo forestal y condición del bosque, y al no contar con una cadena productiva bien definida y por ende la información incompleta de mercado, no permite el uso mediante la técnica de clústeres industriales, lo que dificulta la integración y análisis de información a partir de la diversidad de productos y de empresas que resguardan la información celosamente.

Por lo que la factibilidad de implementar en México alguna de las metodologías usadas para generar índices de competitividad forestal en otros países es baja, ya que, por un lado, se carece de información de las cadenas productivas en su conjunto, lo que dificulta emplear el enfoque de clúster; aunado a los bajos niveles de capacidades productivas y la fractura en las cadenas

productivas que limitan el desempeño de toda la cadena (Merino , et al, 2011); y por el otro, la confiabilidad y disponibilidad de datos, debido al rezago en la información estadística del sector con al menos dos años, que la propia autoridad reconoce.

Los esfuerzos de crear cadenas productivas en Empresas Forestales Comunitarias (EFC) han estado presentes en los Programas de Intervención Institucional tales como la “Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable para el Incremento de la Producción y la Productividad 2013-2018 (ENAIPROS)”. Las EFC o cadena se constituye para comprar la materia prima a precios comerciales, y con ello asegurar el ingreso a los productores primarios, para tratar de incorporar un valor agregado mediante el aserrío, fabricación de tarimas, muebles, o procesamiento y envasado de productos no maderables. Éstas dependen de ejidos o comunidades como aportantes de la materia prima (madera o recursos no maderables). De acuerdo a la evaluación de procesos de ENAIPROS la población objetivo estaría compuesta por las cadenas de valor forestal identificadas como estratégicas, con agentes articuladores con interés para desarrollar modelos de asociatividad con otros eslabones en la línea insumo-producto a fin de desarrollar y fortalecer la cadena de valor. La ENAIPROS contempló una visión de cadena de valor (También denominadas cadenas de valor productivas o cadenas productivas forestales competitivas) para incrementar la rentabilidad y competitividad de la empresa forestal comunitaria UACH, 2015).

Otra estrategia de apoyo fue el Programa de Fortalecimiento del Manejo Forestal Sustentable con Enfoque de Paisaje (PFMFSP) de la CONAFOR para los años 2017 al 2019 para 35 EFC ubicadas en 10 estados (Chiapas, Chihuahua, Durango, Edo. México, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, y Veracruz). La medición y monitoreo de indicadores del PFMFSP agrupados en tres criterios sirvió para identificar mejoras en la competitividad, acceso a mercado e igualdad de género de acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (PNUD, 2017).

Adicionalmente los apoyos de la CONAFOR se han orientado en fortalecer cadenas productivas a través del componente Manejo Forestal Comunitario y

Cadenas de Valor que pertenece al Programa de Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable en 2021 referente a Proyectos para productores (iniciales, en desarrollo o en consolidación), Proyectos productivos integrales (para no maderables, para mujeres), Proyectos estratégicos regionales; y Capacitación y Transferencia de tecnología.

Para aumentar la productividad y competitividad del sector forestal en México el esfuerzo se ha orientado al apoyo de Empresas Forestales Comunitarias, que son productores de madera y sus derivados y dueños del recurso sin considerar una estrategia real de vinculación entre los diversos actores o eslabones de las cadenas (transformadores, industriales, comercializadores, transportistas y proveedores de servicios). UACH, (2015) señala que “para detonar resultados en la producción y productividad del sector forestal el enfoque de clúster ofrece una manera alternativa de organizar las cadenas de valor promoviendo la interacción, así como una visión sistémica en los actores para apoyar la construcción de nuevas estrategias orientadas a mejorar el desempeño de las cadenas de valor forestales.

Sin embargo, las dificultades sobre el enfoque de Cadena de Valor, de acuerdo a LA UACH (2015) vienen de carencias en: (a) Identificación de los agentes articuladores de las Cadenas de Valor Forestal. (b) Diagnosticar necesidades de capital humano, social, técnicas y tecnológicas, de financiamiento e infraestructura, así como el potencial para la compra de materia prima forestal y de la producción que pueda aportar bajo condiciones de viabilidad financiera y preferentemente con mercados garantizados. (c) identificar las brechas de competitividad que afectan el desarrollo de cada uno de los eslabones de las Cadenas de Valor Forestal. y (d) Incorporar y vincular eficientemente a los agentes económicos, sectores productivos y de servicios que participan en las diferentes etapas del proceso de manufactura de las materias primas forestales con el fin de elevar la productividad, agregar valor a los productos y servicios que generan, de manera que se eleve la competitividad integral de sus componentes”.

Regionalmente existe una incongruencia entre la integración de los diferentes eslabones de la cadena del sector: mientras unos estados poseen la

mayor disponibilidad de recursos forestales, son otros los que participan más en su explotación y esta actividad no corresponde del todo al desarrollo de la industria maderable o de celulosa-papel; tal situación afecta negativamente a la estructura logística del transporte. El análisis por eslabón indica que la problemática principal de la cadena forestal maderable se concentra en la producción de madera en rollo y aserrada. La existencia de terrenos forestales que no cuentan con accesibilidad física y económica, la baja calidad de la materia prima, los precios poco competitivos y la limitada seguridad, suficiencia y constancia en el suministro de la madera son algunos de los elementos que han llevado a una contracción de la industria nacional forestal (ITAM, 2010)

El enfoque de cadenas productivas empleando la metodología desarrollada por Feser y Bergman (2000) y una extensión de Rey y Mattheis (2000) citado por Laguna (2010) ha sido empleada en los clústeres regionales del sector industrial mexicano (minería, manufactura, construcción, electricidad, gas y agua); sin embargo, su uso ha estado limitado en el sector forestal, en donde existe la amenaza de aumento en las importaciones de madera de países más competitivos (Cubbage et al, 2015a; Cubbage et al, 2015b) como ocurre con los productos maderables incluidos los de aserrío, tableros y triplay (SEMARNAT, 2017).

Aunque se han creado clústeres forestales industriales recientes en los estados de Jalisco y Oaxaca, suponiendo que existe una cadena productiva bien definida con todos sus actores, sin embargo, no se ha documentado información sobre la cadena y sus actores que permita evaluar el grado de maduración.

Por lo expresado anteriormente, las dificultades para construir cadenas productivas y redes de valor forestales en México, al menos en el sector social son entre otras: Prácticas de manejo forestal no sustentables y aisladas; Capacidades comunitarias poco desarrolladas para el manejo y aprovechamiento forestal sustentable, un complejo escenario social (pobreza y marginación), y Condiciones de baja productividad y competitividad (PNUD, 2017); sin embargo, el sector social es el promotor del desarrollo sustentable y aunque presenta barreras para el logro de la competitividad; tienen bosques mejor conservados y aprovechados ya que de las 2,214,455 hectáreas certificadas a nivel nacional el 79% de la superficie

certificada se encuentra en los estados de Durango, Chihuahua y Quintana Roo (CONAFOR, 2018).

La determinación de los índices de competitividad forestal a nivel mundial no considera los indicadores económicos forestales sectoriales. Sin embargo, para México en ausencia de un índice nacional forestal permiten identificar la poca competitividad del sector, comparado con otros países (Estados Unidos, Chile y Brasil) de los que se importan productos forestales como madera aserrada y tableros, así como papel de desperdicio, celulosa, papel y cartón (CONAFOR, 2020a) y a la vez sirven como referentes de desempeño económico del sector con respecto a otras actividades económicas. Los indicadores económicos han sido abordados de diferente manera, *como competitividad y balanza comercial* y se refieren a indicadores de la producción nacional forestal maderable actual y futura, la balanza comercial, consumo aparente, productos forestales en déficit y países de donde se importan (CONAFOR, 2020a); *como indicadores económicos del sector forestal* a través del Producto interno bruto (PIB), Balanza comercial y consumo aparente (SEMARNAT, 2020); *como aspectos económicos* empleando al PIB, Producción maderable y no maderable, empleo, Balanza comercial de productos forestales, Consumo aparente de productos forestales y PIB ecológico (CONAFOR, 2020); y en *aspectos de carácter económico* mediante el PIB, Producción maderable (por género y por grupo de productos), y no maderable (por grupo de productos), empleo, industria forestal (por tipo, número y localización), Balanza comercial de productos forestales y Consumo aparente de productos forestales (CONAFOR, 2020b)

3.5 Conclusiones

La industria forestal en México se encuentra poco desarrollada e integrada con todos los eslabones de una cadena productiva forestal debido a la falta de inversión económica, investigación científica y tecnológica. Es por ello, que la aplicación de la Teoría de Porter a través del análisis a nivel clúster está limitada, ya que es necesario el desarrollo y caracterización de la cadena productiva.

No existe información publicada sobre clúster industriales de la madera en México (Regionales, o estatales o nacional). Solamente experiencias documentadas informalmente en Jalisco y Oaxaca.

Los países que han desarrollado índices de competitividad forestales, el papel de las cadenas forestales estructuradas y clústeres consolidados son la principal fuente de información para construir y monitorear los componentes de ese índice.

A nivel mundial la producción de madera, aun con la tendencia mundial de destinar mayor superficie a la conservación (dos tercios de la superficie forestal mundial) sus bosques son muy productivos, la actividad productiva forestal impacta la actividad a la economía, prevalece la importancia del sector maderable (construcción de casas de madera, consumo de papeles), la tendencia es hacia bosques privados.

Se recomienda construir un índice de competitividad forestal para México considerando lo siguiente: Ampliar la información para toda la cadena productiva y para el producto más representativo (madera aserrada), incluir el Modelo de Porter (Factores condicionantes, condiciones locales de demanda, firma estratégica y rivalidad, y presencia de industrias relacionadas y de apoyo); definir actores que definen competitividad en toda la cadena, realizar análisis de clústeres para determinar encadenamientos hacia atrás y hacia adelante.

Realizar un comparativo de la información sectorial de México con respecto a los principales países de donde importa materias primas, porque es la manera que adquiere relevancia el concepto de competitividad.

El Modelo de Diamantes de Porter es útil para el análisis de la competitividad, incluso en Macedonia, un país poco competitivo (similar a la situación de México) pero con una cadena productiva bien definida.

3.6 Literatura citada

- Anta-Fonseca, S. (2006). Forest certification in Mexico, en Cashore, B.; Gale, F.; Meidinger, E., y Newson, D. (eds.), *Con-fronting sustainability: forest certification in developing and transitioning countries*, Report 8, New Haven, Yale School of Forestry and Environmental Studies. Consultada en <https://elischolar.library.yale.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1027&context=fes-pubs>
- Arias, S., & Segura R., O. (2004). Índice de ventaja comparativa revelada: un indicador del desempeño y de la competitividad productivo-comercial de un país. *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)*, 4
- Benzaquen, J., Del Carpio, L. A., Zegueria, L. A., & Valdivia, C. A. (2010). Un Índice Regional de Competitividad para un país. *CEPAL*, 102, 69-86
- Blaug, M. (1985). *Teoría Económica en Retrospección*, Cap. IV, México: FCE
- Bonita, M., Correa F., Veijalainen P., & Ahveninen H. (2002), "Forest clústeres: a competitive model for Latin America", *Inter-American Development Bank, Sustainable Development Department, Environment Division*, Informe final, 2004, Washington, <http://www.iadb.org/sds/doc/ENV-IDBForestClusters.pdf>, 11 de julio de 2008.
- Borges, R. & J. Pacheco (2013). Análisis de Políticas de Frijol. Tesis de maestría UNITEC, Tegucigalpa.
- Caballero D., M. A. (2017). La Competitividad del sector forestal mexicano. *Revista Forestal Mexicana*. Opinión. En línea
- Caamal C. I; Pat F, V. G; Caamal P., Z. H. & Jerónimo A, F. (2017). Comportamiento y competitividad de la producción y comercio de melón en México. F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez (eds.). *Ciencias Sociales: Economía y Humanidades*, 64-79 Handbook T-II. -©ECORFAN, Texcoco de Mora, México.
- Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública [CESOP]. (2004). La competitividad de México en el entorno mundial. Cámara de Diputados LIX Legislatura. Palacio Legislativo.
- Chandra, B. S. & Shishodia, M. (2017). Agribusiness competitiveness Applying analytics, Typology and measurements to Africa. Discussion paper. 01648. *International Food Policy Research Institute (IFPRI)*. Washington, D.C.
- Clúster Jalisco (2020). Consultada en <https://clusterforestal.org/> Fecha de consulta 25/08/2020
- Clúster Oaxaca (2020). Consultada en <https://www.clusteroaxaca.com/clustermaderamueble> Fecha de consulta 27/11/2020
- Comisión Nacional Forestal CONAFOR]. (2013). Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable para el Incremento de la Producción y Productividad (ENAIPROS). ENAIPROS 2013-2018. 63 pp. Consultada en (<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/50/6418Planeaci%C3%B3n%20ENAIPROS%202013-2018.pdf>) Fecha de consulta 27/08/2020

- CONAFOR. (2015). Estudios de Cuencas de Abasto. Consultada en (https://snigf.cnf.gob.mx/web_cuencas/Fecha de consulta 14 de julio de 2020).
- CONAFOR. (2018). Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable para el Incremento de la Producción y Productividad (ENAIPROS). Actividades y resultados 2013-2018. 28 pp. Consultada en e https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/368986/WEB_Que_es_la_ENAIPROS_16_AGOST.pdf. Fecha de consulta 27/08/2020
- CONAFOR. (2019). Informe Enero-junio de 2019. Proyecto Fortalecimiento del Manejo Forestal Sustentable con Enfoque de Paisaje. SEMARNAT-PNUD. 32 p.
- CONAFOR. (2020). Estado que guarda el sector forestal en México 2019. SEMARNAT. México
- CONAFOR. (2020a). Replanteamiento del Sector Forestal Mexicano. Consultada en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/559118/Replanteamiento_del_Sector_Forestal_CONAFOR_compressed.pdf.
- CONAFOR (2020b). El Sector Forestal de México en Cifras 2019. Consultada en <https://www.gob.mx/conafor/documentos/el-sector-forestal-mexicano-en-cifras-2019>
- Cubbage, F., Davis, R., Rodríguez- Paredes, D., Frey, G., Mollenhauer, R., Kraus-Elsin, Y., ... & Chemor-Salas, D. N. (2013). Competitividad y acceso a mercados de empresas forestales comunitarias en México. Washington, DC: Program on Forests (PROFOR). 132 p.
- Cubbage, F., Davis, R., Rodríguez-Paredes, D., Mollenhauer, R., Kraus-Elsin, Y., Frey, G.,& Chemor-Salas, D. N. (2015a). Community Forestry Enterprises in Mexico: Sustainability and Competitiveness. *Journal of Sustainable Forestry*, 34, 623–650. doi:10.1080/10549811.2015.1040514
- Cubbage, F., Davis, R., Rodríguez- Paredes, D., Kraus-Elsin, Y., Mollenhauer, R., & Frey, G. (2015b). Timber Production Cost and Profit Functions for Community Forests in Mexico. *Tropical Forestry Handbook*. The World Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. 19 p. doi:10.1007/978-3-642-41554-8_222-2
- FAO-SEPSA. (2006). Estudio de competitividad de la porcicultura en Costa Rica con la metodología de Matriz de Análisis de Política (MAP). Costa Rica.
- Fajnzylber, Fernando. (1988). Competitividad Internacional: Evolución y lecciones". Revista de la CEPAL, 36.
- Felipe Ochoa & Asociados S.C. (2010). Estudio de Factibilidad de la Cuenca Forestal Industrial de las Huastecas.
- Feser, Edward J. & Edward M. Bergman (2000), "National Industry Cluster Templates: A Framework for Applied Regional Cluster Analysis", *Regional Studies*, 34, 1-19.
- Flores-Velazquez, R. (2005). Competitividad de la cadena productiva de madera aserrada en México: El caso de la Región Chignahuapan-Zacatlán, Puebla. Tesis Doctorado. CIESTAAM.

- Frey, G. E., Cubbage, F., Holmes, T. P., Reyes-Retana, G., Davis, R. R., Megevand, C.,& Chemor-Salas, D. N. (2019). Competitiveness, certification, and support of timber harvest by community forest enterprises in Mexico. *Forest Policy and Economics*, 107, 1-11. doi:10.1016/j.forpol.2019.05.009.
- Garduño-Rivera, R, Ibarra-Olivo, J. E. & Dávila- Bugarín, R. (2013). La medición de la competitividad en México: ventajas y desventajas de los indicadores. Realidad, datos y espacio. *Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 4, 27-53
- Guerrero, Diego. (1996). La técnica, los costos, la ventaja absoluta y la competitividad” Comercio Exterior núm. 46. p.5
- Hernández R. A., & Romero I. (2009). Módulo para Analizar el Crecimiento del Comercio Internacional (MAGIC Plus). Manual para el usuario. México, D.F. CEPAL.
- Huber B., G & Mungaray L., A. (2017). Los índices de competitividad en México. CIDE. México. *Revista Gestión y Política Pública*, XXVI, 167-218
- Ibáñez C. & Troncoso, C. (2001). Algunas teorías e instrumentos para el análisis de la competitividad. IICA. Costa Rica. 74 p.
- Ibarra-Cisneros, M. A., González-Torres, L. A., & Demuner-Flores, M. Del R. (2017). Competitividad empresarial de las pequeñas y medianas empresas manufactureras de Baja California. *Revista Estudios Fronterizos*, 18, 107-130. doi: 10.21670/ref.2017.35.a06.
- IMCO-RM. (2014). Índice de Competitividad Forestal Estatal. IMCO, A.C. - Reforestamos México, A.C. México. 157 pp.
- Jaakko Pöyry Consulting (s/f). Estudio de Prefactibilidad la Cuenca Industrial Forestal del Golfo de México.
- Kolev, Konstantin. (2019). Estimation of Forestry Sector Competitiveness in Some European Countries. *Innovativity in Modeling and Analytics Journal of Research*, 4, 28-37. Consultada en <http://imajor.info/JDA>
- Laguna R., C. E. (2010). Cadenas productivas, columna vertebral de los clusters industriales mexicanos. *Revista Economía Mexicana Nueva época*, XIX, 119-170
- Lemonakis, C., Vassakis, K., Zopounidis, C. & Voulgaris, F. (2016). Efficiency, competitiveness and exports of agricultural firms in the post-crisis era: evidence from Greece. *International Journal of Systems Science*, 8, 14–35. doi: 10.1504/IJSSS.2016.076006.
- Luján-Álvarez, C., Olivas-García, J. L., González-Hernández, H. G., Vázquez-Álvarez, S., Hernández-Díaz, J. C., & Luján-Álvarez, H. (2015). Forestería comunitaria en México: modelo estratégico para empoderamiento y competitividad en la globalización. *Economía, Sociedad y Territorio*, XV, 665-696.
- Mehrotra, S. N. & Kant, S. (2010). Global Competitiveness Index for Forest Product Industries. Sustainable Forest Management Network, Edmonton, Alberta 52 pp.
- Monke, E. A. & Pearson, R. S. (1989). The Police Analysis Matrix for Agricultural Development. Standfort. 201 pp.

- Ortiz, G. (2004). "Benchmarking the Competitiveness of the New Zealand Wood Processing Industry". Forest Research.
- Padilla, R. (2006). Instrumentos de medición de la competitividad. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) Sede Subregional México. Santo Domingo.
- Pat F, V. G; Caamal C. I; Caamal P., Z. H; & Jerónimo A, F. (2016). Análisis de los indicadores de competitividad del cultivo de la fresa de México en el mercado mundial. *Revista Textual, análisis del Medio Rural*, 45-63. Texcoco de Mora, México.
- Porter, Michael (1990). *The competitive advantage of nations*, Mac Millan, London.
- Porter, Michael. (2003). *Ventaja Competitiva. Creación y Sostenimiento de un Desempeño Superior*, Ed. CECSA, México. p. 36
- Pöyry Forest Industry Consulting Oy (2009). Estudio de Factibilidad de la Cuenca Forestal Industrial del Noroeste de México. Informe Fase 2 "Escenarios Alternativos para el Desarrollo Forestal/Industrial"
- PNUD. (2017). Documento del Proyecto "Fortalecimiento del Manejo Forestal Sustentable con Enfoque de Paisaje". 118 p.
- Reyes, J. A., Gómez, J. P., Muis, R.O., Zavala, R., Ríos, G. A., & Villalobos, O. (2012). Atlas de Propiedad Social y Servicios Ambientales en México. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Cooperación Técnica Registro Agrario Nacional - Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. México. 157 pp.
- Rey, Sergio & Daniel J. Mattheis (2000), *Identifying Regional Industrial Clusters in California*, volume I: Conceptual Design, San Diego, San Diego State University.
- Rodríguez-Zúñiga, J., González-Guillén, M. De J., & Valtierra- Pacheco, E. (2019). Las empresas forestales comunitarias en la región Mariposa Monarca, México: un enfoque empresarial. *Bosque*, 40, 57-69. doi: 10.4067/S0717-92002019000100057.
- Sachitra, V. & Chong, S-C. (2016). Firm Level Competitive Advantage in the Agricultural Sector: A Research Agenda. *British Journal of Economics, Management & Trade*, 12, 1-12. Article no. BJEMT 24152. doi: 10.9734/BJEMT/2016/24152
- Salas-Navarro, K. & Cortabarría-Castañeda, L. (2014). Análisis competitivo del sector madera y muebles de la región Caribe de Colombia. *Revista Prospect*, 12, 79-89. doi: 10.15665/rp.v12i1.154
- Salinas-Cruz, E; González-Guillén, M. de J; León-Merino, A., & Rodríguez-Hernández, R. F. (2007). La actividad forestal en el desarrollo económico de Chignahuapan, Puebla. *Región y Sociedad*, XXIX,185-218.
- Sasatani, D. (2009). National Competitiveness Index of the Forest Products Industry in the Asia Pacific Region. Asia-Pacific Forestry Sector Outlook Study II. Working Paper No. APFSOS II/WP/2009/25. FAO. Consultada en <http://www.fao.org/3/am620e/am620e00.pdf>
- Savic, N., Stojanovska, M. & Stojanovski, V. (2011). Analyses of the Competitiveness of Forest Industry in the Republic of Macedonia, *South-east European Forestry*, 2, 13-21, <https://doi.org/10.15177/seefor.11-02>. Y

<https://www.seefor.eu/archive/2011/vol-2-no-1/69-vol-2-no1-savic-et-al-analyses-of-the-competitiveness-of-forest-industry-in-the-republic-of-macedonia.html>

- SEMARNAT. (2020). Anuario Estadístico de la producción Forestal 2017. México.
- Suñol, S. (2006). Aspectos teóricos de la competitividad. *Ciencia y Sociedad*, 11, 179-198 Instituto Tecnológico de Santo Domingo Santo Domingo, República Dominicana.
- Tański, N. C.; Báez, L. & Clérici, C. (2010). La Resiliencia de los Empresarios en el Sector Foresto Industrial de la Provincia de Misiones. *Revista Científica Visión de Futuro*, 14
- Tański, N. C.; Báez, L.; & Aquino, C. (2015). La gobernanza en los procesos de innovación. II Congreso Latinoamericano de Administración. Universidad Nacional de Misiones, Argentina.
- UACH. (2015). Evaluación de Procesos de la Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable para el Incremento de la Producción y Productividad 2013-2018. Ejercicio fiscal 2014. Tomo I Informe Final.

4 EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA EMPRESA FORESTAL COMUNITARIA EN MÉXICO

Edgar Arturo Sánchez Moreno⁵, José Luis Romo Lozano⁶, José María Salas González⁷

4.1 Resumen

En México, la empresa forestal comunitaria (EFC) desempeña funciones importantes como la producción de bienes y servicios, el manejo y conservación de los recursos forestales y la generación de externalidades positivas, incluyendo el empleo para sus comunidades. Diversos estudios han evaluado a la EFC bajo distintas dimensiones (financiera, económica y técnica), sin embargo, pocos han incursionado en cuantificar su competitividad a partir de variables relacionadas con su eficiencia ambiental y social. El objetivo de este estudio fue evaluar y clasificar a las EFC con base a su desempeño financiero, social y ambiental. Se usaron los métodos PROMETHEE II y FlowSort a partir de datos técnicos e información sobre responsabilidad social y ambiental de 30 EFC a nivel nacional para el año 2018 a través del análisis multicriterio. Los resultados de la clasificación sugieren que una EFC del estado de Michoacán ocupa el primer lugar, y dentro de las 10 mejores, tres son del estado de Durango; además, solamente tres empresas lograron clasificarse en la categoría de alto desempeño, localizadas en los estados de Durango, Chiapas y Puebla. El resto de las EFC fueron clasificadas en la categoría de desempeño medio. Los resultados pueden ser utilizados en la aplicación de incentivos de política pública al desempeño general o específico (ambiental, financiero, o social).

Palabras clave: análisis multicriterio, competitividad, FlowSort, PROMETHEE II

⁵ Universidad Autónoma Chapingo, DICIFO. km. 38.5 Carretera Federal México-Texcoco, CP 56230, Chapingo, Edo de México. [easanchez@colpos.mx](mailto: easanchez@colpos.mx)

⁶ Universidad Autónoma Chapingo Posgrado en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales. DICEA. km. 38.5 Carretera Federal México-Texcoco, CP 56230, Chapingo, Edo de México. [jlromo@aya.yale.edu](mailto: jlromo@aya.yale.edu)

⁷ Universidad Autónoma Chapingo Posgrado en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales. DICEA. km. 38.5 Carretera Federal México-Texcoco, CP 56230, Chapingo, Edo de México. [jmsalasgonzalez@gmail.com](mailto: jmsalasgonzalez@gmail.com)

4.2 Abstract

In Mexico, the community forestry enterprise (EFC) performs essential roles such as producing goods and services, managing, conserving forest resources, and generating positive externalities, including employment for its communities. Several studies have evaluated the EFC under different dimensions (financial, economic, and technical). However, few have assessed its competitiveness from variables related to its environmental and social efficiency. The objective of this study was to evaluate and classify the EFC based on their financial, social, and environmental performance. PROMETHEE II and FlowSort methods were used from technical data and information on the social and environmental responsibility of 30 EFC nationally for 2018 through multi-criteria analysis. The results of the classification suggest that an EFC of the state of Michoacán ranks first, and within the top 10, three are from the state of Durango; in addition, only three enterprises achieved to qualify in the high-performance category, located in the states of Durango, Chiapas, and Puebla. The rest of the EFC were classified in the average performance category. The results can apply public policy incentives to general or specific performance (environmental, financial, or social).

Keywords: Multicriteria Analysis, Competitiveness, FlowSort, PROMETHEE II

4.3 Introducción

Las comunidades forestales (ejidos y comunidades) en México son propietarias de aproximadamente el 46 % de los bosques de México (CONAFOR, 2019f, Reyes et al., 2012), cuyo manejo es relativamente autónomo (Frey et al., 2019). A diferencia del promedio nacional (60.3 %) de bosques y selvas en propiedad social que reportó Madrid., et al (2009). Éstas han establecido Empresas Forestales Comunitarias (EFC) para generar beneficios ambientales, económicos y sociales, por esta razón, el gobierno federal ha implementado políticas para mejorar su competitividad y eficiencia que permitan ampliar tales beneficios. Aun cuando la sobrevivencia de las EFC se relaciona estrechamente con su nivel de rentabilidad, éstas tienen particularidades y prioridades respecto a las empresas privadas en sus dimensiones sociales y ambientales en las que se prioriza, incluso sobre la rentabilidad, la creación de empleo, la distribución de

beneficios en la comunidad y el aprovechamiento sostenible del recurso forestal (Barton-Bray y Merino-Pérez, 2005).

Investigaciones recientes sobre las EFC se han enfocado a analizar sus funciones de ingresos y costos de producción de la madera (Cubbage et al, 2011; Cubbage et al, 2015b), mientras que otras, se han centrado en evaluar su desempeño empresarial-competitivo (Rodríguez-Zúñiga et al, 2019).

La competitividad empresarial aborda el desempeño económico relativo a las unidades de análisis en un sentido comparativo (Garduño et al, 2013), para un mercado específico, ya sea doméstico o internacional (Fajnzylber, 1988; Padilla, 2006). La competitividad se asocia con los niveles de rentabilidad, productividad, costos, valor agregado, participación de mercado, exportaciones, innovación tecnológica, calidad de los productos, entre otros (McFetridge, 1995). Para evaluar la competitividad, diferentes autores consideran útil el uso de indicadores financieros clásicos como: rentabilidad del crecimiento; rentabilidad de los activos y rentabilidad del capital; ganancias antes de intereses, impuestos, depreciación y amortización; costos de producción y la rentabilidad (Chandra-Babu y Shishodia, 2017, Sasatani, 2009). Sin embargo, otros autores señalan que los indicadores de productividad y eficiencia en la determinación de la competitividad de empresas son más confiables en el largo plazo que los parámetros financieros (Comisión Europea, 2009).

Los enfoques en el estudio de la competitividad empresarial y sus determinantes se basan en ocho dimensiones: planeación estratégica, producción y operaciones, aseguramiento de la calidad, comercialización, contabilidad y finanzas, recursos humanos, gestión ambiental y sistemas de información (Ibarra et al, 2017; Sachitra & Chong, 2016; Salas-Navarro y Cortabarría-Castañeda, 2014). Otros autores resaltan la importancia del desempeño económico (Padilla, 2006) y de la unidad económica (Ibáñez y Troncoso, 2001).

En estos estudios, no se incluye un análisis de la responsabilidad social y ambiental de las empresas estudiadas, a pesar de que se ha encontrado que actualmente una parte importante de las EFC adoptan estrategias de innovación, certificación y mejoras de procesos para subsistir en el ambiente de economía

abierta que actualmente enfrenta y cumple con la normatividad ambiental vigente (Cubbage et al, 2013; Cubbage et al, 2015a y Frey et al., 2019).

Por otra parte, las empresas social y ambientalmente comprometidas, como una aspiración generalizada, han sido estudiadas ampliamente con un enfoque de responsabilidad social o responsabilidad social corporativa (Latapy-Agudelo, Jóhannsdóttir y Davídsdóttir, 2019; Mora-Leite y Padgett, 2011). Aun cuando no hay consenso sobre su significado exacto, su entendimiento ha evolucionado desde la pura generación de los rendimientos hasta la inclusión de un amplio conjunto de responsabilidades.

Esta investigación aborda el tema ambiental en el marco de las EFC a partir de dos procesos: la certificación otorgada por el Consejo de Manejo Forestal (FSC) y los estándares de cadena de custodia (CoC). Mientras el primero se refiere al compromiso de cuidar sus bosques y mejorar la calidad de su manejo (Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, S.C. -CSMSS-, 2019), el segundo se centra en los sistemas administrativos que monitorean el flujo de madera certificada desde el bosque hasta el consumidor, asegurando que no se mezcle con madera proveniente de fuentes no certificadas (Gerez-Fernández y Alatorre-Guzmán, 2007; Taylor, 2007). Asimismo, en esta investigación, el tema social se considera a partir de la generación de oportunidades de empleo y el fomento de la equidad de género, expresados en número de empleos, la proporción de mujeres empleadas y la proporción de mujeres ocupando puestos directivos.

Ambos aspectos, social y ambiental, además del interés comunitario por parte de las EFC, representan atractivos económicos en el plano nacional e internacional. A nivel nacional, las empresas certificadas son privilegiadas en la entrega de apoyos financieros por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) (Fernández-Vázquez, 2015), y en el ámbito internacional existen organismos que financian programas sustentables y promueven el acceso a mercados con la condición de que las EFC estén certificadas y promuevan la equidad de género como el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2017).

Este estudio evalúa el desempeño de las EFC a través del análisis multicriterio, el cual permite enfrentar distintos tipos de problemas, incluyendo: seleccionar la mejor alternativa o el conjunto de ellas, realizar una lista ordenada de alternativas de mejor a peor (priorización o ranking); clasificar las alternativas en clases o categorías predefinidas (sorting); e identificar las características de las alternativas y describirlas (Zopounidis & Doumpos, 2002). Dado que los procesos de toma de decisiones en las EFC incluyen diversos aspectos que van más allá del tema financiero, se justifica desarrollar un análisis que permita su priorización basada en su desempeño, además de su clasificación en categorías predefinidas a partir del cumplimiento de parámetros especificados en los criterios

El objetivo de este estudio fue priorizar el desempeño de 30 EFC mediante un proceso de comparaciones con respecto a sí mismas y clasificarlas en tres categorías (alta, media y baja) de desempeño predefinidas.

4.4 Materiales y métodos

4.4.1 Área de estudio

La estructura de información que se tiene de las empresas forestales comunitarias presenta características propias de problemas de análisis de decisiones multicriterio, esto es: 1) un conjunto de alternativas (EFC); 2) un conjunto de criterios que presenta distintos niveles de desempeño para cada EFC; y 3) a cada criterio se le puede asignar un peso de acuerdo con su importancia.

La información fue generada por el Proyecto “Fortalecimiento del Manejo Forestal Sustentable, desarrollado en el marco de un convenio entre el Banco Mundial y la CONAFOR entre los años 2017 y 2019. Aunque la base de datos contiene información sobre 54 empresas, por razones de completitud de la información, en este análisis se utilizaron 30 empresas forestales comunitarias localizadas en 9 estados de la República: Chiapas, Chihuahua, Durango, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tlaxcala y Veracruz. Las cuales fueron seleccionadas tomando en cuenta las siguientes características: contar con

programa de manejo forestal vigente, producir madera aserrada (tener aserradero), contar con solidez organizacional y que la mesa directiva perdure durante los años de operación del proyecto, disposición y apertura para compartir información, accesibilidad para llegar al predio, marco del diseño del monitoreo de indicadores de competitividad, estar libre de conflictos agrarios o condiciones de inseguridad para el personal, y apertura para incluir a las mujeres en las actividades productivas. Las 30 EFC bajo estudio, representan al 3% de las EFC a nivel nacional (aproximadamente 992), sus tamaños, expresados por su capacidad de producción anual, varían de 202 millares de pies tabla (pt) a 4.7 millones de pt. El número de trabajadores empleados diariamente va de 11 a 139, con utilidades por pt de \$0.1 a \$11.8. A partir de esta información se generaron ocho criterios distribuidos en las tres dimensiones: I. Eficiencia técnica-financiera, II Compromiso social, y III. Compromiso ambiental (Figura 1 y Cuadro 3).

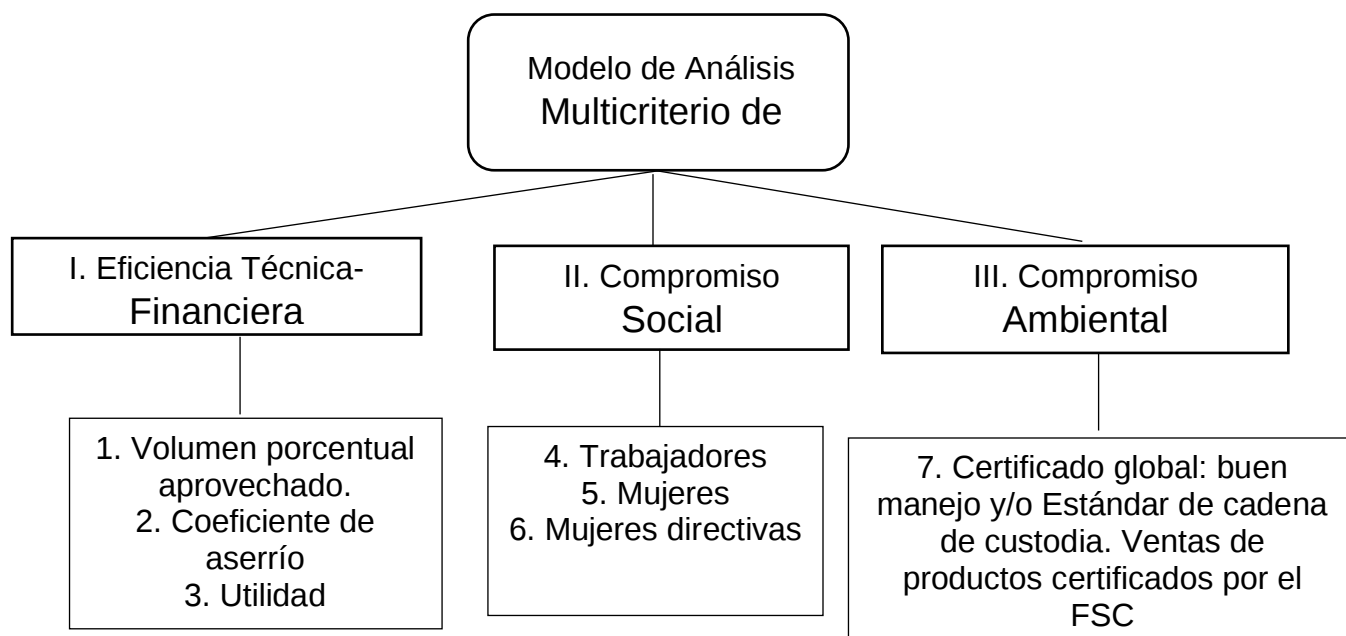


Figura 1. Componentes del modelo de análisis multicriterio para la priorización y clasificación de las EFC.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3. Valores de los criterios de competitividad a nivel EFCs en México.

Id.	Estado donde se localiza	% Vol. Aprovechado	CA (%)	Utilidad (\$/pt)	Número de trabajadores por centenar (m ³ RTA)	% Mujeres	% de mujeres En puestos directivos	Certifi- cación Global (COC, FS)	% Ventas FSC
1	Chiapas	0.17	0.50	0.90	1.77	0.16	0.00	1	0.00
2	Chiapas	0.35	0.61	2.10	1.76	0.00	0.00	2	1.00
3	Chihuahua	0.83	0.54	1.20	0.69	0.19	0.03	2	0.00
4	Chihuahua	0.65	0.52	4.00	0.71	0.19	0.01	2	0.00
5	Chihuahua	1.00	0.51	0.10	0.85	0.15	0.05	2	0.00
6	Chihuahua	0.79	0.52	0.40	0.69	0.41	0.02	1	0.00
7	Chihuahua	0.80	0.51	0.70	0.41	0.13	0.02	1	0.00
8	Durango	0.22	0.53	3.30	0.50	0.14	0.02	2	0.45
9	Durango	0.77	0.52	1.90	0.09	0.13	0.07	2	0.45
10	Durango	0.83	0.50	2.00	0.50	0.90	0.07	2	0.45
11	Durango	1.00	0.50	3.30	0.02	0.03	0.03	2	0.90
12	Durango	0.97	0.49	3.00	0.17	0.10	0.03	2	0.45
13	Durango	0.96	0.50	3.70	0.18	0.00	0.00	2	1.00
20	Oaxaca	0.81	0.43	1.90	0.23	0.09	0.09	2	0.00
21	Oaxaca	0.83	0.48	3.20	0.42	0.30	0.00	1	0.00
23	Puebla	0.98	0.51	1.80	0.76	0.03	0.03	2	0.40
24	Puebla	1.00	0.50	0.70	0.39	0.00	0.00	2	0.70
25	Puebla	0.98	0.65	4.00	0.11	0.00	0.00	2	1.00
26	Puebla	0.67	0.57	1.90	0.33	0.00	0.00	2	0.60
28	Q. Roo	0.10	0.50	10.00	0.44	0.00	0.00	2	0.45
29	Q. Roo	0.24	0.58	11.80	0.18	0.00	0.00	2	1.00
30	Tlaxcala	0.86	0.61	4.30	0.70	0.06	0.06	1	0.00
31	Veracruz	0.82	0.52	1.10	0.13	0.31	0.03	1	0.53
32	Veracruz	0.93	0.47	1.40	0.40	0.09	0.09	2	0.47
33	Veracruz	0.86	0.47	0.80	0.25	0.33	0.17	1	0.00
34	Veracruz	0.90	0.50	2.00	0.18	0.06	0.00	1	0.00
35	Michoacán	0.65	0.52	2.00	0.92	0.07	0.07	1	0.00
36	Michoacán	0.99	0.54	3.00	3.51	0.05	0.05	2	0.00
37	Michoacán	0.86	0.44	2.30	0.62	0.09	0.03	1	0.00
38	Michoacán	0.95	0.49	4.40	0.08	0.00	0.00	2	0.00

Fuente: Elaboración propia

¹Valor porcentual aprovechado con respecto al volumen total autorizado (Volumen total Autorizado en m3 RTA=Volumen en metros cúbicos rollo total árbol). ²Coeficiente de aserrío (o de transformación secundaria). ³Certificado Global: (1) Certificado de buen manejo forestal (FSC) y/o (2) Estándar de cadena de custodia (CoC), el cual garantiza que la madera proviene de bosques certificados. ⁴Porcentaje de ventas de productos certificados por el FSC (Consejo de Manejo Forestal).

Las categorías de desempeño (C_1, C_2 y C_3) fueron definidas mediante perfiles límites cuyos valores fueron consensuados por el grupo de investigadores del presente estudio (Cuadro 4). De igual manera, como una primera aproximación se consideró peso igual entre las dimensiones, por lo que se asignó un tercio de importancia a cada una de las tres dimensiones utilizadas en el análisis, lo cual resultó en los siguientes pesos para cada uno de los criterios incluidos: volumen aprovechado = 11.1%; coeficiente de aserrío (CA) = 11.1%; utilidad = 11.1%; Trabajadores por centenar de m³ en RTA = 11.1%; mujeres empleadas = 11.1%; mujeres en puestos directivos = 11.1%; certificación Global = 16.7%; y ventas FSC = 16.7%.

Cuadro 4. Desempeños de los perfiles que definen las categorías.

Categorías	Perfiles	Volumen Aprovechado (%)	CA (%)	Utilidad (\$/pt)	Trabajadores (por centenar de m ³ Rollo)	Mujeres (%)	Mujeres Directivas (%)	Certificación Global (COC, FSC)	Ventas FSC (%)
C_1	Perfil 1	100	100	12	4	50	50	2	100
	Perfil 2	60	60	2	1	25	25	1	40
	Perfil 3	40	40	1	0.5	10	10	0	20
	Perfil 4	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Notas: 0 = Sin certificado global (COC, FSC). 1 = Con certificado FSC. 2 = Con Certificado Global (COC, FSC).

4.4.2 Métodos

El primer análisis, priorización, se realizó mediante el método PROMETHEE II y el segundo, clasificación, se hizo mediante el método FlowSort. En el proceso se integraron un conjunto de criterios agrupados en las tres dimensiones siguientes (Cuadro 5).

Cuadro 5. Flujos unicriterio neto de las EFC.

Empresa	Volumen Aprovechado ¹ (%)	CA ² (%)	Utilidad (\$/pt)	Trabajadores (centenar de m3 RTA)	Mujeres (%)	Mujeres directivas (%)	Certificación Global ³ (COC, FSC)	Ventas FSC ⁴ (%)
1	-0.931	-0.448	-0.655	0.931	0.517	-0.655	-0.690	-0.517
2	-0.724	0.862	0.103	0.862	-0.759	-0.655	0.345	0.897
3	-0.034	0.655	-0.517	0.448	0.621	0.069	0.345	-0.517
4	-0.621	0.172	0.690	0.586	0.621	-0.241	0.345	-0.517
5	0.966	-0.034	-1.000	0.724	0.448	0.483	0.345	-0.517
6	-0.379	0.310	-0.931	0.379	0.931	-0.172	-0.690	-0.517
7	-0.310	0.069	-0.828	-0.034	0.276	-0.103	-0.690	-0.517
8	-0.862	0.517	0.483	0.172	0.379	-0.034	0.345	0.241
9	-0.448	0.414	-0.241	-0.862	0.276	0.793	0.345	0.241
10	-0.034	-0.172	-0.034	0.241	1.000	0.655	0.345	0.241
11	0.966	-0.448	0.483	-1.000	-0.414	0.069	0.345	0.724
12	0.586	-0.586	0.276	-0.655	0.172	0.310	0.345	0.241
13	0.517	-0.448	0.586	-0.586	-0.759	-0.655	0.345	0.897
20	-0.241	-1.000	-0.241	-0.379	0.034	0.897	0.345	-0.517
21	-0.034	-0.724	0.379	0.034	0.724	-0.655	-0.690	-0.517
23	0.655	0.069	-0.379	0.655	-0.414	0.241	0.345	0.034
24	0.862	-0.172	-0.828	-0.172	-0.759	-0.655	0.345	0.655
25	0.724	1.000	0.690	-0.793	-0.759	-0.655	0.345	0.897
26	-0.517	0.724	-0.241	-0.241	-0.759	-0.655	0.345	0.586
28	-1.000	-0.172	0.931	0.103	-0.759	-0.655	0.345	0.241
29	-0.793	0.793	1.000	-0.448	-0.759	-0.655	0.345	0.897
30	0.138	0.931	0.793	0.517	-0.207	0.586	-0.690	-0.517
31	-0.172	0.414	-0.586	-0.724	0.793	0.379	-0.690	0.517
32	0.379	-0.828	-0.448	-0.103	0.034	0.897	0.345	0.448
33	0.138	-0.828	-0.724	-0.310	0.862	1.000	-0.690	-0.517
34	0.310	-0.310	-0.034	-0.517	-0.207	-0.655	-0.690	-0.517
35	-0.621	0.241	-0.034	0.793	-0.103	0.724	-0.690	-0.517
36	0.793	0.586	0.276	1.000	-0.310	0.483	0.345	-0.517
37	0.241	-0.931	0.172	0.310	0.034	0.172	-0.690	-0.517
38	0.448	-0.655	0.862	-0.931	-0.759	-0.655	0.345	-0.517

Fuente: Elaboración propia

El nombre del método PROMETHEE proviene de sus siglas en inglés (Preference Ranking Organization Method for Enriched Evaluation) (Brans & Vinke, 1985). Consiste en contabilizar todas las relaciones de superación (outranking) entre cada par de alternativas (a_i), considerando los desempeños que éstas registran en cada criterio. La contabilización de las relaciones de superación permite estimar los flujos unicriterio positivos, negativos y netos para cada alternativa mediante las Ecuaciones (1), (2) y (3).

$$\text{Flujo unicriterio positivo de } a_i = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n P_{ij}^c \quad (1)$$

$$\text{Flujo unicriterio negativo de } a_i = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n P_{ji}^c \quad (2)$$

$$\text{Flujo unicriteio neto de } a_i = \left(\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n P_{ij}^c \right) - \left(\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n P_{ji}^c \right) \quad (3)$$

El flujo unicriterio positivo expresa cómo una alternativa a_i es preferida sobre las demás $j = 1, \dots, n$ alternativas y se estima mediante la Ecuación 1. El flujo unicriterio negativo expresa cómo las otras alternativas son preferidas con respecto a una alternativa en particular (Ecuación 2). El flujo unicriterio neto (a_i) es igual al flujo unicriterio positivo menos el flujo unicriterio negativo (Ecuación 4). P_{ij}^c representa el grado de preferencia de la alternativa i sobre la alternativa j en el criterio c . P_{ji}^c representa el grado de preferencia de la alternativa j sobre la alternativa i en el criterio c .

Finalmente se estiman los flujos globales positivos (Φ^+), negativos (Φ^-) y netos (Φ) para cada alternativa mediante:

$$\begin{aligned} \Phi^+(a_i) = & w_1 \left(\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n P_{ij}^1 \right) + w_2 \left(\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n P_{ij}^2 \right) + \dots \\ & + w_n \left(\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n P_{ij}^c \right) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\Phi^-(a_i) = w_1 \left(\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n P_{ji}^1 \right) + w_2 \left(\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n P_{ji}^2 \right) + \dots + w_n \left(\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n P_{ji}^c \right) \quad (5)$$

$$\Phi(a_i) = \Phi^+ - \Phi^- \quad (6)$$

Es el valor del flujo global neto de cada alternativa el que define su priorización. El peso de importancia se denota por w_i y cumple la condición $\sum w_i = 1$. Consultar Ishizaka y Nemery (2013) para mayor detalle.

El método PROMETHEE I puede proveer un orden parcial en el ordenamiento de las alternativas de decisión, mientras que PROMETHEE II puede producir un ordenamiento completo del conjunto de las alternativas (Athawale & Chakraborty, 2010). El método ha sido ampliamente utilizado en distintos campos de la actividad humana, por ejemplo, en el análisis de la competitividad de destinos turísticos (Lopes, Muñoz y Alarcón-Urbistondo 2018); en medicina para evaluar tratamientos alternativos de cáncer (Ozsahin et al, 2017); y en hidrología para priorizar subcuencas (Vulević & Dragović, 2017).

El método FlowSort está basado en la metodología de ordenamiento generada por PROMETHEE. Las categorías pueden ser definidas mediante perfiles límite o perfiles centrales. Cuando las categorías son definidas a partir de perfiles límite, estos son denotados por $\mathcal{R} = \{r_1, \dots, r_{K+1}\}$. Al igual que la metodología PROMETHEE, FlowSort también ha sido utilizado de manera intensa. Algunos ejemplos incluyen: Sarrazin, De Smet y Rosenfeld (2018) utilizó el método para asignar alternativas en clusters individuales o de intervalo; Sepulveda y Derpich (2015) aplicaron el método FlowSort combinado con el método ELimination Et Choice Translating REality (ELECTRE) para categorizar los proveedores en ambientes industriales; por su parte, Verheyden y De Moor (2014) establecieron una herramienta para categorizar fondos de inversión usando perfiles límite.

Una idea clave del método es que cada alternativa a ser categorizada se compara únicamente con los límites de referencia que definen las categorías

usando el método PROMETHEE. Luego, la categoría a la cual la alternativa es asignada se deduce de su posición relativa con respecto únicamente a los perfiles (Nemery, Ishizaka, Camargo y Morel, 2012). De este modo, FlowSort usa el método PROMETHEE en la fase en que cada alternativa a_i es comparada con cada perfil límite r_j en cada criterio, y cuando se calculan los flujos globales positivos, negativos y netos de cada alternativa, ver Nemery y Lambory (2008), para mayor detalle.

La aplicación de ambos métodos fue desarrollada mediante el software Smart Picker Pro-4.3 (Smart Picker, 2019).

4.5 Resultados y discusión

De acuerdo con estos resultados, se obtuvo una lista ordenada del mejor a peor desempeño mostrado por las EFC (Cuadro 6). Sobresale la empresa 36 del Estado de Michoacán con el mejor desempeño respecto al resto de las empresas. Dentro de las 10 mejores posiciones hay 3 empresas de Durango (posiciones 2, 5 y 8), y dos en Puebla (posiciones 3 y 6). En el intervalo de las últimas 10 posiciones predomina el estado de Michoacán con tres empresas en las posiciones 21, 25 y 26. Otros tres estados tienen dos empresas en estas últimas posiciones: Oaxaca, Chihuahua y Veracruz (Cuadro 6).

Cuadro 6. Lista ordenada de mejor a peor posición en el desempeño de las EFC.

Empresa	Localización	Flujo global neto	Posición
36	Michoacán	0.28533	1
10	Durango	0.28161	2
25	Puebla	0.23	3
2	Chiapas	0.17255	4
8	Durango	0.17053	5
23	Puebla	0.15518	6
5	Chihuahua	0.14744	7
11	Durango	0.13997	8
32	Veracruz	0.1246	9
29	Q. Roo	0.11126	10
12	Durango	0.10925	11
3	Chihuahua	0.10914	12
4	Chihuahua	0.10531	13
30	Tlaxcala	0.10515	14

9	Durango	0.0901	15
13	Durango	0.05764	16
31	Veracruz	-0.01726	17
24	Puebla	-0.02475	18
26	Puebla	-0.03242	19
28	Q. Roo	-0.0746	20
35	Michoacán	-0.09019	21
20	Oaxaca	-0.13217	22
6	Chihuahua	-0.18595	23
33	Veracruz	-0.18595	24
37	Michoacán	-0.20127	25
38	Michoacán	-0.21644	26
21	Oaxaca	-0.23191	27
7	Chihuahua	-0.30469	28
1	Chiapas	-0.33916	29
34	Veracruz	-0.35831	30

Fuente: Elaboración propia

En el marco del segundo análisis, categorización (sorting), el Cuadro 7 muestra que el agrupamiento de las empresas solo ocurre en las categorías alta y media, y solo tres de ellas son clasificadas en la categoría de alto desempeño (C_1): Empresas 10, 2 y 25, localizadas en los estados de Durango, Chiapas, y Puebla, respectivamente. El resto son clasificadas en la categoría de desempeño medio (C_2) y ninguna en la categoría de desempeño bajo (C_3).

Cuadro 7. Categorización del desempeño de las empresas.

Empresa	Localización	Categoría	Flujo global positivo	Flujo global negativo	Flujo global neto
10	Durango	Alto	0.638922	0.29161663	0.34730537
2	Chiapas	Alto	0.527844	0.33323326	0.19461074
25	Puebla	Alto	0.527844	0.33323326	0.19461074
11	Durango	Medio	0.555613	0.37492495	0.18068805
12	Durango	Medio	0.555613	0.37492495	0.18068805
9	Durango	Medio	0.555613	0.40269439	0.15291861
13	Durango	Medio	0.500075	0.36100270	0.13907230
31	Veracruz	Medio	0.541691	0.41661663	0.12507437
23	Puebla	Medio	0.513922	0.40269439	0.11122761
8	Durango	Medio	0.527844	0.43046382	0.09738018
32	Veracruz	Medio	0.527844	0.43046382	0.09738018
4	Chihuahua	Medio	0.486077	0.43053888	0.05553812
36	Michoacán	Medio	0.486077	0.43053888	0.05553812
26	Puebla	Medio	0.472305	0.43046382	0.04184118
29	Q. Roo	Medio	0.444536	0.41654158	0.02799442
3	Chihuahua	Medio	0.458308	0.45830832	-0.00000032
24	Puebla	Medio	0.444536	0.45823326	-0.01369726
28	Q. Roo	Medio	0.444536	0.45823326	-0.01369726
5	Chihuahua	Medio	0.430538	0.45830832	-0.02777032
30	Tlaxcala	Medio	0.444386	0.47223056	-0.02784456

21	Oaxaca	Medio	0.416616	0.47223056	-0.05561456
6	Chihuahua	Medio	0.416616	0.50000000	-0.08338400
37	Michoacán	Medio	0.416616	0.50000000	-0.08338400
33	Veracruz	Medio	0.416616	0.50000000	-0.08338400
20	Oaxaca	Medio	0.375	0.48607775	-0.11107775
38	Michoacán	Medio	0.402769	0.51384719	-0.11107819
35	Michoacán	Medio	0.388847	0.50000000	-0.11115300
34	Veracruz	Medio	0.333308	0.52776944	-0.19446144
7	Chihuahua	Medio	0.361077	0.55553888	-0.19446188
1	Chiapas	Medio	0.333308	0.55553888	-0.22223088

Fuente: Elaboración propia.

El flujo global neto de cada empresa es el resultado de la sumatoria de los flujos unicriterio netos multiplicados por sus pesos. De este modo, la figura 2 muestra los aportes de cada criterio en el desempeño de las empresas, de manera particular, el ranking para las empresas 36, 10, y 25 correspondientes a los tres primeros lugares, respectivamente. Las etiquetas de cada rectángulo muestran los identificadores: número de la empresa (primer valor) y el resultado de la multiplicación del flujo neto unicriterio por su peso de importancia (segundo valor) para cada criterio.

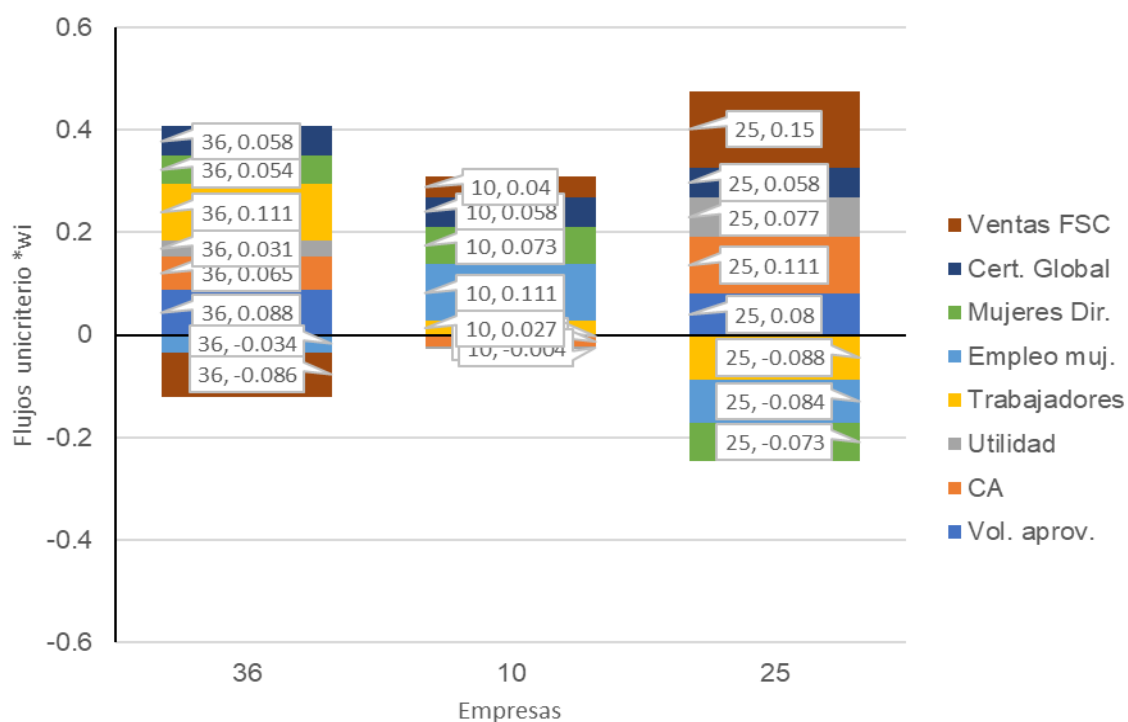


Figura 2. Las tres empresas mejor posicionadas y los aportes de cada criterio en su desempeño.
Fuente: Elaboración propia.

La empresa posicionada en el primer lugar (36), reporta que el criterio *trabajadores por centenar de m³ RTA* es la que tiene la mayor contribución (0.111), esto obedece a que el valor de su flujo unicriterio es de 1 (Cuadro 5), lo que indica que esta empresa supera al resto en este criterio, y al ser multiplicado por su peso (0.111), resulta ese mismo valor de aporte en el flujo global neto. El segundo criterio de mayor aporte es el *volumen aprovechado*, cuyo flujo unicriterio es de 0.794 (Cuadro 5), el cual al multiplicarse por su peso (0.111) revela un aporte de 0.088. Le sigue el criterio CA cuyo aporte es de 0.065. Esta empresa se caracteriza por tener dos criterios con aporte negativo; uno de la dimensión social: mujeres (-0.034), y otro de la dimensión ambiental: ventas FSC (-0.086).

La empresa 10, posicionada en el segundo lugar, presenta varias características interesantes: todos los aportes positivos corresponden a los criterios de las dimensiones social y ambiental; los restantes criterios reportan aportes negativos y pertenecen a la dimensión de eficiencia financiera.

La empresa 25 tiene la característica de que todos los criterios de la dimensión de eficiencia financiera y de la dimensión ambiental, contribuyen con aportes positivos. Mientras que los tres criterios de la dimensión social contribuyen negativamente. Su principal fortaleza está en el criterio porcentaje de *ventas FSC*, en el cual supera mayoritariamente al resto de las empresas.

Para efecto de analizar los resultados de la categorización de las empresas, el Cuadro 8 muestra los flujos resultantes de las comparaciones entre las EFC y los perfiles límite (r_i) que definen las categorías. Los flujos que se presentan corresponden únicamente a las tres empresas que resultaron clasificadas en la categoría de desempeño alto (C_1), adicionalmente se ha agregado la empresa 36, que fue la que resultó en primer lugar en el primer análisis de comparación entre las empresas.

Cuadro 8. Flujo positivo, negativo y neto de las tres empresas en la categoría de alto desempeño.

Empresas	Flujos	r_1	r_2	r_3	r_4	EFC_i
EFC_{10}	ϕ^+	0.930538	0.583293	0.236067	0	0.611177
	ϕ^-	0.027764	0.388942	0.694471	0.958303	0.291596
	ϕ	0.902774	0.194351	-0.4584	-0.9583	0.31958
EFC_2	ϕ^+	0.916606	0.583312	0.291616	0	0.527845
	ϕ^-	0	0.416687	0.666687	0.902774	0.333232
	ϕ	0.916606	0.166625	-0.37507	-0.90277	0.194612
EFC_{25}	ϕ^+	0.916606	0.583293	0.291596	0	0.527884
	ϕ^-	0	0.416706	0.666706	0.902774	0.333193
	ϕ	0.916606	0.166586	-0.3751	-0.90277	0.19469
$EFC_{36}^{(*)}$	ϕ^+	0.958303	0.62499	0.305528	0	0.486087
	ϕ^-	0	0.375009	0.652774	0.916606	0.430519
	ϕ	0.958303	0.24998	-0.34724	-0.9166	0.055567

Fuente: Elaboración propia.

Nota: (*) Se incluye además la empresa 36 de la categoría C_2 .

Al analizar los valores de la EFC 10 (Cuadro 8) del estado de Durango, se observa que su flujo es positivo (0.611177), el cual con la primera regla de asignación se tiene que este valor se encuentra dentro de los límites ($r_1 = 0.930538$ y $r_2 = 0.583293$) que delimitan la categoría de alto desempeño C_1 . De esta manera, de acuerdo con su flujo positivo, la EFC 10 es asignada a la categoría C_1 . Al observar el valor de su flujo negativo (0.291596), éste se ubica entre los límites ($r_1 = 0.027764$ y $r_2 = 0.388942$), lo cual indica que, desde el punto de vista de los flujos negativos, también sería ubicada en la categoría C_1 . La figura 3 muestra los valores graficados.

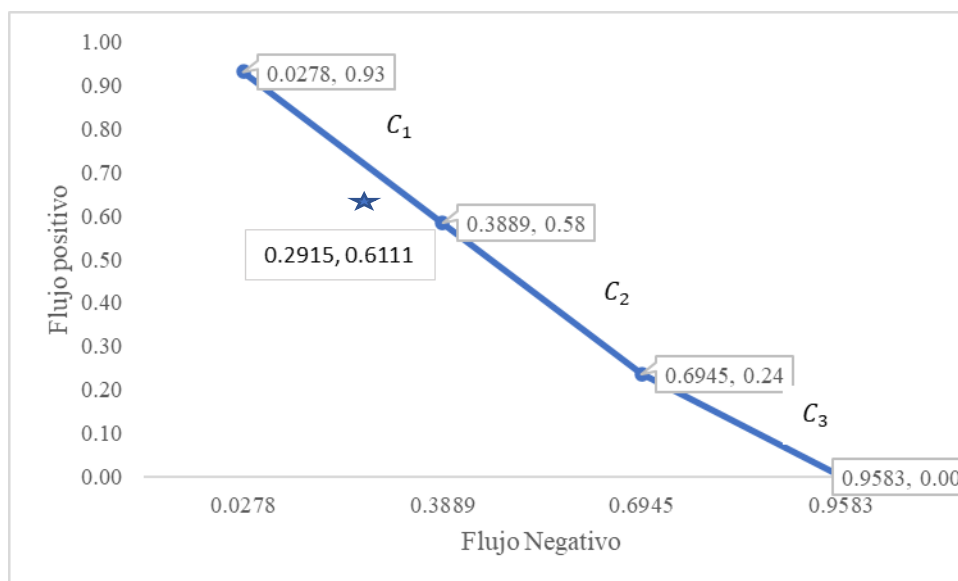


Figura 3. Asignación de la Empresa 10 a la categoría C_1 .
Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, analizando los flujos de la EFC 2, del estado de Chiapas, el valor de su flujo positivo (0.527845) la ubicaría dentro de los límites de la categoría de desempeño medio C_2 ($r_2 = 0.583312$ y $r_3 = 0.291616$). Mientras que desde el punto de vista del valor de su flujo negativo (0.333232), se asignaría a la categoría C_1 ($r_1 = 0$ y $r_2 = 0.416687$). Este es un caso que presenta ambigüedad por lo que se aplica la regla expresada en la ecuación 9 haciendo uso de los valores de los flujos netos. Esto es, el valor del flujo neto de la EFC 2 es de 0.194612, mismo que queda dentro de los límites de la categoría C_1 ($r_1 = 0.916606$ y $r_2 = 0.166625$), razón por la cual la empresa se categoriza en la clase de desempeño alto (C_1). De manera similar se explica la pertenencia de la EFC 25 a la categoría C_1 , cuyos valores son bastante cercanos a los de la EFC 2.

Al analizar los resultados de los dos análisis, existe una aparente contradicción en ellos: la EFC 36 obtuvo el primer lugar en el ranking, mientras que en el análisis de categorización se le ubica en la categoría de desempeño medio C_2 . Sin embargo, esto se explica, por una parte, porque el primer análisis es una priorización en la que se contabilizan las superaciones de cada EFC en cada criterio, contra el resto de las demás y viceversa. Luego esas superaciones

en cada criterio se multiplican por el peso de importancia respectivo de ellos y se suman para dar el flujo global que determina la ordenación de mejor a peor desempeño.

Por otra parte, el segundo análisis es diferente, se trata de repetir el mismo análisis, pero ahora solo entre cada EFC y cada uno de los perfiles límite que determinan las categorías predefinidas, para luego contabilizar las superaciones ocurridas y definir la pertenencia de cada EFC en las categorías correspondientes. De este modo, la EFC 36 tiene el mejor desempeño al contabilizar todas las superaciones, en todos los criterios, en su comparación con el resto de las empresas, pero es distinto del resultado de categorización, que es más restrictivo pues debe tener un buen desempeño respecto al conjunto de perfiles límite  predefinidos.

Estudios anteriores han analizado las EFC de México principalmente desde el punto de vista empresarial competitivo. Cubbage et al. (2015a), por ejemplo, hallaron que éstas adoptan estrategias de innovación, certificación y mejora de procesos. Dentro de la literatura encontrada no se localizaron trabajos que hicieron uso de la riqueza de información ofrecida en su estructura multicriterio para las variables empleo, género, certificación y ventas con madera certificada.

En el análisis desarrollado en este estudio, se tomó en cuenta la información en su carácter multicriterio incluyendo criterios financieros, sociales y ambientales, luego se realizó un análisis de priorización y otro de clasificación de las empresas forestales comunitarias. Se encontró que la empresa mejor posicionada (36) es del estado de Michoacán, y dentro de las 10 mejores EFC se encuentran tres del estado de Durango y dos EFC del estado de Puebla. Asimismo, en el análisis de clasificación, tres EFC clasificaron en la categoría de alto rendimiento y el resto clasificaron en la categoría de rendimiento medio. Los resultados de priorización indican, por una parte, la expresión de las fortalezas y debilidades en cada una de las EFC con respecto al resto del conjunto analizado. Por otra parte, los resultados de la clasificación expresan las fortalezas y

debilidades de cada empresa con respecto a los parámetros definidos en cada uno de los criterios de las categorías predefinidas.

El conocimiento generado sobre las EFC, a partir de los resultados anteriores, permite identificar las condiciones de cada empresa en los criterios correspondientes a cada una de las dimensiones consideradas. Esto puede ser utilizado para la orientación de objetivos de política pública sobre las EFC, así como la definición y signo de incentivos en el ámbito financiero, social y ambiental de las mismas. Por ejemplo, aprovechando el resultado positivo en el desempeño de los criterios Trabajadores por centenar de m³ RTA, Empleo para mujeres, Ventas FSC y Volumen aprovechado para incrementar la eficiencia en las EFC. O atender las debilidades del desempeño negativo de los criterios para evitar ineficiencia. Sin embargo, se debe señalar que al decidir utilizar la función usual Ecuación (1) en la estimación de los grados de preferencia, se desaprovechan otras posibilidades, como las generadas con el uso de otras funciones de preferencias como: escalonadas, mixtas, graduales, o Gaussianas. El uso de las éstas puede permitir la participación del tomador de decisiones en la definición de los umbrales de indiferencia y preferencia, distintos de cero para calificar los desempeños de las EFC, lo cual enriquecería las expresiones de los decisores. Este puede ser un tema de futuras aplicaciones en el cual también se pueden incluir aspectos relacionados con la participación grupal de expertos y tomadores de decisiones, sobre todo a los dueños de las EFC, a los tomadores de decisión en las EFC y de política pública de las dependencias del ramo, o a otros miembros de la cadena productiva forestal, entre otros actores relacionados al momento de ponderar los criterios e indicadores.

Es posible observar el desempeño de los criterios evaluados a lo largo del tiempo (temporalidad) por lo que información adicional de otros años permitirá observar el cambio en éstos, de acuerdo a los procesos de intervención en las empresas, tales como capacitación, volumen de madera disponible y con ello el incremento en la capacidad productiva.

4.6 Conclusiones

En los análisis aplicados se obtuvieron dos resultados: una lista ordenada priorizando la condición de las EFC en el marco de los criterios considerados; y una clasificación de éstas en tres categorías predefinidas. Los resultados son útiles para la identificación de problemas y deficiencias de las EFC en los aspectos considerados mediante los criterios. Asimismo, pueden ser de mucha ayuda en distintos niveles de políticas públicas, el primer resultado puede ser utilizado en la aplicación de incentivos al desempeño en general. El segundo resultado puede ser usado para definir políticas de apoyo más focalizadas, por ejemplo, si se buscan objetivos ambientales, se pueden poner niveles de cumplimiento más altos en los perfiles límite de los criterios de la dimensión ambiental. Lo mismo puede usarse para objetivos sociales, definiendo los niveles deseados en los perfiles límite de los criterios sociales.

Los criterios que más influencia tuvieron en el desempeño de las tres mejores EFC (ranking) fueron: Trabajadores por centenar de m³ RTA, en la empresa 36; Empleo para mujeres en la empresa 10; y Ventas FSC en la empresa 25. Las peores posiciones de las empresas se explican porque éstas fueron superadas mayoritariamente por el resto de las EFC en los criterios considerados. La empresa 34, por ejemplo, obtuvo flujos unicriterio negativos en todos los criterios exceptuando el criterio Volumen aprovechado (Cuadro 5). Lo mismo ocurrió en las empresas 1 y 7, las cuales obtuvieron flujos unicriterio en solo dos de los ocho criterios.

4.7 Literatura citada

- Athawale V, M., & S. Chakraborty, S. (2010). Facility location selection using PROMETHEE II method. In: Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Consultada en https://www.researchgate.net/publication/228221619_Facility_Layout_Selection_Using_PROMETHEE_II_Method
- Athawale, V. M. & S. Chakraborty, S. (2010). Facility location selection using PROMETHEE II method. In: Proceedings of the 2010 International

- Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Consultada en https://www.researchgate.net/publication/228221619_Facility_Layout_Selection_Using_PROMETHEE_II_Method
- Barton-Bray, D., & Merino- Pérez, L. (2005). La experiencia de las comunidades forestales en México: Veinticinco años de silvicultura y construcción de empresas forestales comunitarias. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 270 p.
- Brans, J. P., & De Smet, Y. (2016). PROMETHEE Methods. In: S. Greco, M. Ehrgott, & J. R. Figueira (Eds.), Multiple criteria analysis: State of the art survey (Second Edit, pp. 189–219). doi:10.1007/978-1-4939-3094-4_6.
- Brans, J. P., & Vincke, P. (1985). Note—A Preference Ranking Organisation Method: (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making). *Management Science*, 31, 647-656. doi: /10.1287/mnsc.31.6.647.
- Chandra, B. S. & Shishodia, M. (2017). Agribusiness competitiveness Applying analytics, Typology and measurements to Africa. Discussion paper. 01648. *International Food Policy Research Institute (IFPRI)*. Washington, D.C.
- Comisión Nacional Forestal [CONAFOR] (2019a). Informe Enero-junio de 2019. Proyecto Fortalecimiento del Manejo Forestal Sustentable con Enfoque de Paisaje. SEMARNAT-PNUD. 32 p.
- CONAFOR. (2019b). Monitoreo de competitividad de Empresas Forestales Comunitarias, Remedición 2018. SEMARNAT-PNUD. 63 p.
- CONAFOR. (2019c). Base de datos “Competitividad en Empresas Forestales en México”. Proyecto “Fortalecimiento del Manejo Forestal Sustentable con Enfoque de Paisaje”. Febrero de 2019.
- CONAFOR. (2019d). Cédulas de actividades de acompañamiento para la competitividad de las empresas forestales en México”. Proyecto “Fortalecimiento del Manejo Forestal Sustentable con Enfoque de Paisaje”. Febrero de 2019.
- CONAFOR. (2019e). Informe de remedición de indicadores de competitividad y diversificación productiva en Empresas Forestales Comunitarias en México. Proyecto “Fortalecimiento del Manejo Forestal Sustentable con Enfoque de Paisaje”. Remedición 2019. 74 p.
- CONAFOR. (2019f). Estado que guarda el sector forestal en México. SEMARNAT. Guadalajara, Jal., México. 422 p. <https://www.gob.mx/conafor/es/documentos/estado-que-guarda-el-sector-forestal-en-mexico-2019?idiom=es> (4 de noviembre de 2020).
- Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, S.C. [CSMSS]. (2019). Cumple 25 años FSC certificando a comunidades y ejidos por su buen manejo de bosques. Consultada en <https://www.ccmss.org.mx/cumple-25-anos-fsc-certificando-a-comunidades-y-ejidos-por-su-buen-manejo-de-bosques/>.
- Cubbage, F. W., Davis, R. R., & Frey, G. E. (2011). Guía para la evaluación Económica y Financiera de Proyectos Forestales Comunitarios en México. Banco Mundial Región de Latinoamérica y el Caribe. Documento de Trabajo Forestal Latinoamericano, núm. 2, 45 p.

- Cubbage, F., Davis, R., Rodríguez- Paredes, D., Frey, G., Mollenhauer, R., Kraus-Elsin, Y., ... & Chemor-Salas, D. N. (2013). Competitividad y acceso a mercados de empresas forestales comunitarias en México. Washington, DC: Program on Forests (PROFOR). 132 p.
- Cubbage, F., Davis, R., Rodríguez-Paredes, D., Mollenhauer, R., Kraus-Elsin, Y., Frey, G.,& Chemor-Salas, D. N. (2015a). Community Forestry Enterprises in Mexico: Sustainability and Competitiveness. *Journal of Sustainable Forestry*, 34, 623–650. doi:10.1080/10549811.2015.1040514
- Cubbage, F., Davis, R., Rodríguez- Paredes, D., Kraus-Elsin, Y., Mollenhauer, R., & Frey, G. (2015b). Timber Production Cost and Profit Functions for Community Forests in Mexico. *Tropical Forestry Handbook*. The World Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. 19 p. doi:10.1007/978-3-642-41554-8_222-2
- Fajnzylber, F. (1988). Competitividad Internacional: Evolución y lecciones. En: *Revista de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*, 36, 7-9. Santiago de Chile Consultada en <https://pensalatitec.iiec.unam.mx/publicaciones/competitividad-internacional-evolucion-y-lecciones>.
- Fernández-Vázquez, E. (2015). Las comunidades forestales, la certificación y las cadenas de suministro. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, S.C. (CCMSS). Consultada en <https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/FSC-Comunitario.pdf>.
- Frey, G. E., Cubbage, F., Holmes, T. P., Reyes-Retana, G., Davis, R. R., Megevand, C.,& Chemor-Salas, D. N. (2019). Competitiveness, certification, and support of timber harvest by community forest enterprises in Mexico. *Forest Policy and Economics*, 107, 1-11. doi:10.1016/j.forpol.2019.05.009.
- Garduño-Rivera, R., Ibarra-Olivo, J. E. & Dávila- Bugarín, R. (2013). La medición de la competitividad en México: ventajas y desventajas de los indicadores. Realidad, datos y espacio. *Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 4, 27-53 Consultada en <https://biblat.unam.mx/es/revista/realidad-datos-y-espacio-revista-internacional-de-estadistica-y-geografia/articulo/la-medicion-de-la-competitividad-en-mexico-ventajas-y-desventajas-de-los-indicadores>.
- Garduño-Rivera, R., Ibarra-Olivo, J. E. & Dávila-Bugarín, R. (2013). La medición de la competitividad en México: ventajas y desventajas de los indicadores. *Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 4, 27-53.
- Gerez-Fernández, P & Alatorre-Guzmán, E. (2007). Los retos de la certificación forestal en la silvicultura comunitaria de México, en Bray, D. B.; Merino Pérez, L. y Barry, D. (eds.), Los bosques comunitarios de México: manejo sustentable de paisajes forestales, Instituto Nacional de Ecología (Semarnat) / CCMSS / Instituto de Geografía (UNAM) / Florida International University. Consultada en https://issuu.com/adannavanava/docs/los_bosques_comunitrios_de_mx.
- Ibáñez C. & Troncoso, C. (2001). Algunas teorías e instrumentos para el análisis de la competitividad. IICA. Costa Rica. 74 p.

- Ibarra-Cisneros, M. A., González-Torres, L. A., & Demuner-Flores, M. Del R. (2017). Competitividad empresarial de las pequeñas y medianas empresas manufactureras de Baja California. *Revista Estudios Fronterizos*, 18, 107-130. doi: 10.21670/ref.2017.35.a06.
- Ishizaka, A. & Nemery, P. (2013). Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software. Wiley editorial. Chichester West Sussex, United Kingdom. 296 p. doi: 10.1002/9781118644898.
- Latapy-Agudelo, M. A., Jóhannsdóttir, L., & Davídsdóttir, B. (2019). A literatura review of the history and evolution of corporate social responsibility. *International Journal of Corporate Social Responsibility*, 4, 1-23. doi:10.1186/s40991-018-0039-y.
- Lemonakis, C., Vassakis, K., Zopounidis, C. & Voulgaris, F. (2016). Efficiency, competitiveness and exports of agricultural firms in the post-crisis era: evidence from Greece. *International Journal of Systems Science*, 8, 14–35. doi: 10.1504/IJSS.2016.076006.
- Lopes, A., P. F., Muñoz, M. M., & Alarcón-Urbistondo, P. (2018). Regional tourism competitiveness using the PROMETHEE approach. *Annals of Tourism Research*, 73, 1-13. doi.org/10.1016/j.annals.2018.07.003.
- Madrid, L., Núñez, J. M. & Rodríguez, Y. (2009). La propiedad social forestal en México. *Investigación ambiental*, 1, 179-196.
- Mora-Leite, R. C. & Padget, R. C. (2011). Historical background of corporate social responsibility. *Social Responsibility Journal*, (7) 528-539. doi: 10.1108/17471111111117511.
- Nemery, P., Ishizaka, A., Camargo, M., & Morel, L. (2012). Enriching descriptive information in ranking and sorting problems with visualizations techniques. *J. Model. Manag.* 7(2), 130–147. [doi:/10.1108/17465661211242778](https://doi.org/10.1108/17465661211242778).
- Nemery, P., & Lamboray, C. (2008). Flow sort: A flow-based sorting method with limiting or central profiles. *Top*, 16(1), 90–113. [doi: 10.1007/s11750-007-0036-x](https://doi.org/10.1007/s11750-007-0036-x)
- Ozsahin, D. U., Uzun, B., Musa, M. S., Helwan, A., Wilson, C. N., Nurcin, F. V., ... & Ozsahin, I. (2017). Evaluating cancer treatment alternatives using Fuzzy PROMETHEE method. *International journal of advanced computer science and applications*, 8, 177-82. doi: 10.14569/IJACSA.2017.081024.
- Padilla, R. (2006). Instrumentos de medición de la competitividad. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) Sede Subregional México. Santo Domingo.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2017). Documento del Proyecto “Fortalecimiento del Manejo Forestal Sustentable con Enfoque de Paisaje”. 118 p.
- Reyes, J. A., Gómez, J. P., Muis, R.O., Zavala, R., Ríos, G. A., & Villalobos, O. (2012). Atlas de Propiedad Social y Servicios Ambientales en México. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Cooperación Técnica Registro Agrario Nacional - Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. México. 157 pp.
- Rodríguez-Zúñiga, J., González-Guillén, M. De J., & Valtierra- Pacheco, E. (2019). Las empresas forestales comunitarias en la región Mariposa Monarca,

- México: un enfoque empresarial. *Bosque*, 40, 57-69. doi: 10.4067/S0717-92002019000100057.
- Sachitra, V. & Chong, S-C. (2016). Firm Level Competitive Advantage in the Agricultural Sector: A Research Agenda. *British Journal of Economics, Management & Trade*, 12, 1-12. Article no. BJEMT 24152. doi: 10.9734/BJEMT/2016/24152
- Salas-Navarro, K. & Cortabarría-Castañeda, L. (2014). Análisis competitivo del sector madera y muebles de la región Caribe de Colombia. *Revista Prospect*, 12, 79-89. doi: 10.15665/rp.v12i1.154
- Sarrazin, R., De Smet, Y., & Rosenfeld, J. (2018). An extension of PROMETHEE to interval clustering. *Omega*. 80, 12–21. doi: /10.1016/j.omega.2017.09.001.
- Sasatani, D. (2009). National Competitiveness Index of the Forest Products Industry in the Asia Pacific Region. Asia-Pacific Forestry Sector Outlook Study II. Working Paper No. APFSOS II/WP/2009/25. FAO. Consultada en <http://www.fao.org/3/am620e/am620e00.pdf>.
- Sepulveda, J. M., & Derpich, I. S. (2015). Multicriteria supplier classification for DSS: Comparative analysis of two methods. *International Journal of Computers Communications & Control*, 10, 238–247. doi:/10.15837/ijccc.2015.2.1755.
- Smart Picker. (2019). Smart Picker Pro (4.3). Brussels, Belgium.
- Taylor, P. L. (2007). Nuevas estrategias organizativas en el manejo comunitario de bosques en Durango, México, en Bray, D. B.; Merino Pérez, L. y Barry, D. (eds.), Los bosques comunitarios de México: manejo sustentable de paisajes forestales, Instituto Nacional de Ecología (Semarnat) / CCMSS / Instituto de Geografía (UNAM) / Florida International University. Consultada en https://issuu.com/adannavanava/docs/los_bosques_comunitarios_de_mx.
- Verheyden, T., & De Moor, L. (2014). Sorting mutual funds with respect to process-oriented social responsibility: A Flowsort application. *Decision Science Letters*, 3, 551–562. doi:/10.5267/j.dsl.2014.5.004.
- Vulević, T., & Dragović, N. (2017). Multi-criteria decision analysis for sub-watersheds ranking via the PROMETHEE method. *International Soil and Water Conservation Research*, 5, 50-55. doi:/10.1016/j.iswcr.2017.01.003.
- Zopounidis, C., & Doumpos, M. (2002). Multicriteria classification and sorting methods: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 138(2), 229–246. doi:10.1016/S0377-2217(01)00243-0.

5 FUNCIONES DE PRODUCCIÓN PARA MADERA ASERRADA EN LA EMPRESA FORESTAL COMUNITARIA EN MÉXICO

Edgar Arturo Sánchez Moreno⁸, José María Salas González⁹, Sergio Pérez Lazalde¹⁰, Marcos Portillo Vásquez¹¹, José Luis Romo Lozano¹²

5.1 Resumen

Se generaron tres modelos de producción para madera aserrada en 35 Empresas Forestales Comunitarias (EFC) ubicadas en 10 estados, los cuales fueron clasificados a partir de las variables: insumos de producción, variables continuas, y variables nominales u ordinales que afectan la productividad. Para el modelo (I) las variables L y K resultaron altamente significativas (p -valor < 0.001). Las variables L y VD (modelo II) fueron altamente significativos (p-valor < 0.001), y la variable K resultó significativa al 0.16% (p -valor < 0.05). Las variables CA, CM, CI, PO y PTD no tuvieron efecto en la productividad (p -valor > 0.05). Para el modelo (III) se obtuvo significancia para las variables L y VD (p-valor < 0.001), K resultó significativa al 0.95% (p -valor < 0.01), $FL_{privado}$ y $FL_{sociedad}$ significativas al 0.1% (p -valor < 0.001) y 2.9% (p -valor < 0.05), respectivamente. La competitividad en el uso de los recursos se midió con el Valor del Producto Marginal (VPM). Se rechazaron la hipótesis de uso no competitivo para el insumo L en el modelo II (0.1%). Para el modelo III se rechaza $H_0: Pmg_L - P_L = 0$ en las EFC ubicadas en los estados de Oaxaca y Quintana Roo (p-valor < 0.05) y se rechaza $H_0: Pmg_K - P_K = 0$ para las EFC ubicadas en el Chiapas y Oaxaca (p-valor < 0.01). Finalmente, el VPM para VD para los modelos II y III usando datos agregados a nivel nacional se rechaza $H_0: Pmg_{VD} - P_{VD} = 0$ con un nivel de significancia del 0.1% (p-valor < 0.001).

Palabras clave: Competitividad, productividad, función Cobb-Douglas, modelo econométrico, valor del producto marginal, rendimiento a escala.

⁸ Universidad Autónoma Chapingo, DICIFO. km. 38.5 Carretera Federal México-Texcoco, CP 56230, Chapingo, Edo de México. esasanchez@colpos.mx

⁹ Universidad Autónoma Chapingo Posgrado en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales. DICEA. km. 38.5 Carretera Federal México-Texcoco, CP 56230, Chapingo, Edo de México. jmsalasgonzalez@gmail.com

¹⁰ Colegio de Posgraduados. Posgrado en Estadística.

¹¹ Universidad Autónoma Chapingo Posgrado en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales. DICEA. km. 38.5 Carretera Federal México-Texcoco, CP 56230, Chapingo, Edo de México.

¹² Universidad Autónoma Chapingo Posgrado en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales. DICEA. km. 38.5 Carretera Federal México-Texcoco, CP 56230, Chapingo, Edo de México. jlromo@aya.yale.edu

5.2 Abstract

Three production models for sawn wood were generated in 35 Community Forestry Companies (CFEs) located in 10 states, which were classified based on the variables: production inputs, continuous variables, and nominal or ordinal variables that affect productivity. For model (I) the variables L and K were highly significant (p -value <0.001). Variables L and VD (model II) were highly significant (p-value <0.001), and variable K was significant at 0.16% (p-value <0.05). The variables CA, CM, CI, PO and PTD had no effect on productivity (p -value > 0.05). For model (III), significance was obtained for the variables L and VD (p-value <0.001), K was significant at 0.95% (p-value <0.01), private and society significant at 0.1% (p-value <0.001) and 2.9% (p -value <0.05), respectively. Competitiveness in the use of resources was measured with the Marginal Revenue Product (MRP). The hypothesis of non-competitive use for input L in model II (0.1%) was rejected. For model III, $H_0 \text{ PmgL-PL} = 0$ was rejected in the CFEs located in the states of Oaxaca and Quintana Roo (p-value <0.05) and $H_0 \text{ PmgK-PK} = 0$ was rejected for the CFEs located in Chiapas and Oaxaca (p-value <0.01). Finally, the MRP for VD in models II and III using data aggregated at the national level $H_0 \text{ PmgVD-PVD} = 0$ was rejected (p-value <0.001).

Keywords: Competitiveness, productivity, Cobb-Douglas function, econometric model, marginal revenue product, return to scale.

5.3 Introducción

En México existen 15,584 ejidos y comunidades forestales, que se denominan núcleos agrarios, poseedores del 45.5% de la superficie total forestal del país (62,639,719 ha) (Frey et al., 2019; Conafor, 2019a; Reyes et al., 2012). Las cuales crean Empresas Forestales Comunitarias y manejan los recursos forestales con el fin de generar beneficios económicos, sociales y ambientales para mejorar su calidad de vida, sin descuidar su viabilidad financiera, competitividad y sustentabilidad ecológica en el largo plazo (Frey et al, 2019), sin embargo, esto no fue observado en las empresas estudiadas. Las EFC tienen usos y costumbres que en ocasiones dificultan una administración expedita y no fácilmente acceden a créditos, por lo que son dependientes de apoyos gubernamentales otorgados por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) para mejorar su competitividad y eficiencia; estos se enfocan en disminuir los costos de

producción, mejorar la calidad de los procesos, incrementar la eficiencia y agregar valor a sus productos (PNUD, 2017). Frey et al. (2019) evaluaron el efecto de estos apoyos y encontraron que la certificación forestal impacta positivamente en la productividad y en consecuencia en el ingreso total de la comunidad.

Estudios recientes sobre ingresos de las EFC muestran resultados diferenciados por una gran variabilidad, atribuible a la diversidad en tamaño, región, productividad y costos (Cubbage et al, 2011; Cubbage et al, 2015b). En general, las EFC replican un modelo de empresa competitiva para generar empleos y beneficios para sus integrantes y comunidades y adoptan estrategias de innovación, certificación, alianzas y mejoras continuas de procesos. Diversos estudios como Cubbage et al. (2013); Cubbage et al. (2015a), Cubbage et al. (2015b) y Frey et al. (2019) señalan que la competitividad se relaciona con la capacidad de la empresa (de cualquier tipo) de penetrar en el mercado o aumentar su mercado y se puede estimar a través de los costos de producción, ingresos, beneficios y sustentabilidad de cosecha de madera, los cuales explican su rentabilidad y eficiencia. Por otro lado, Chandra y Shishodia (2017) así como Sasatani (2009), consideran que los indicadores financieros clásicos (rentabilidad del crecimiento, de los activos, del capital y ganancias antes de intereses, impuestos, depreciación y amortización) así como los costos de producción y la rentabilidad son indispensables para medir la competitividad con mayor precisión.

Generalmente los estudios sobre competitividad empresarial en México no emplean un enfoque amplio que involucre aspectos económicos, ambientales y sociales en su conjunto, por lo que el uso de información actualizada (2017-2019) de fuentes directas, así como la especificación de la naturaleza de las inversiones y la forma de organización de las EFC en la presente investigación, constituyen un enfoque novedoso, además de que sus resultados ayudarán a retroalimentar y complementar el análisis de los resultados del Programa para el Fortalecimiento del Manejo Forestal Sustentable con Enfoque de Paisaje (PFMFSP) y de otros estudios como los de Cubbage et al. (2013), (2015a), (2015b), y Frey et al. (2019), entre otros. Los indicadores económicos, ambientales y sociales forman parte de la estrategia del PFMFSP para aumentar la competitividad en un mercado local

cuyas importaciones rebasan a su propia oferta. De hecho, Cubbage et al. (2015a; 2015b) identifican que lo que pone en riesgo la eficiencia y sustentabilidad de las EFC en México es justamente el incremento a las importaciones de madera aserrada.

En el presente estudio se midió el efecto de diversos factores de las dimensiones social (empleos, posición de puestos de trabajo y género) y ambiental (certificación de la cadena de custodia de productos forestales y del buen manejo forestal) sobre la producción y productividad de las EFC empleando la teoría de la empresa y del desarrollo forestal sustentable. El primer objetivo de esta investigación fue determinar funciones de producción tipo Cobb-Douglas para medir el efecto en ella de las variables que afectan la productividad. El segundo objetivo fue medir la competitividad a partir del Valor del Producto Marginal y determinar los rendimientos a escala para los insumos mano de obra, capital y volumen disponible.

5.4 Materiales y Métodos

5.4.1 Materiales

La información provino del PFMFSP de la Conafor para los años 2017 al 2019 para 35 EFC ubicadas en 10 estados de Chiapas, Chihuahua, Durango, Edo. México, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, y Veracruz y de subsidios asignados a las EFC en los mismos años (Conafor, 2017a; 2018a; 2019c). La medición y monitoreo de indicadores del PFMFSP agrupados en tres criterios sirvió para identificar mejoras en la competitividad, acceso a mercado e igualdad de género de acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (PNUD, 2017).

Los subsidios corresponden al Programa Nacional Forestal (PRONAFOR) mediante apoyos directos a la inversión tales como inversión para el comercio y la industria forestal, apoyo a la administración, producción y comercialización, integración y organización de redes de valor forestal, entre otros, y de subsidios

indirectos para gastos operativos, certificaciones nacionales e internacionales, y mercadotecnia (Conafor, 2017a; 2018a; 2019c)

5.4.2 Métodos

Funciones de producción

Se ajustó la función de producción (Q) de tipo Cobb-Douglas con dos factores de la producción, capital (K) y mano de obra (L) dada por el modelo:

$$Q = e^{\beta_0} L^{\beta_1} K^{\beta_2} \quad (1)$$

Donde:

β_0 , β_1 y β_2 = Parámetros de la función, β_1 y β_2 son las elasticidades de L y K, respectivamente.

El valor de K es el producto de la capacidad instalada anual (en pies tabla/turno) por el desgaste de capital (20%) y fue obtenido a partir del costo de producción unitario (\$/pt) en el proceso de aserrío; y el valor de L es el resultado del número de empleos directos por turno de 8 horas por 240 días laborales al año. El modelo (1) puede linealizarse tomando el logaritmo natural, con lo que se obtiene:

$$\ln Q = \beta_0 + \beta_1 \ln L + \beta_2 \ln K \quad (2)$$

Dado un conjunto de observaciones de las variables Q, K y L, en n_i EFC ubicadas en el Estado i , $i = 1, \dots, p$, los parámetros de la ecuación (2) pueden estimarse a partir del modelo de regresión dado por:

$$\ln Q_{ij} = u_i + \beta_0 + \beta_1 \ln L_{ij} + \beta_2 \ln K_{ij} + \epsilon_{ij}, i = 1, \dots, p, j = 1, \dots, n_i \quad (3)$$

Donde:

$\epsilon_{ij}, i = 1, 2, \dots, p, j = 1, \dots, n_i$ = Errores normales, independientes e idénticamente distribuidos con media 0 y varianza σ^2 .

u_i = Efecto aleatorio normal del Estado i -ésimo, con media 0 y varianza σ_u^2 , que se introdujo en (3) para modelar implícitamente la correlación entre observaciones, $\rho = \sigma_u^2 / (\sigma^2 + \sigma_u^2)$, inducida por la cercanía geográfica, factores ambientales comunes y condiciones socioeconómicas similares.

El ajuste del modelo mixto (3) se realizó con la función lmer del paquete estadístico R (R Core Team, 2020). Para verificar la normalidad se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianza de los errores en modelo (3) con las pruebas de homocedasticidad de Bartlett y Levine.

El modelo básico (1) puede extenderse para incluir otras variables continuas y categóricas que inciden en el nivel de producción. En general, la función de producción que se propone, de acuerdo con Frey et al. (2019) es:

$$Q = e^{\beta_0} \prod_{i=1}^m X_i^{\beta_i} \prod_{j=1}^n Y_j^{\gamma_j} \prod_{k=1}^r e^{\delta_k Z_k} \quad (4)$$

Donde:

Q = Cantidad producida en millares de pie tabla (Mpt = 1000 pt) por año.

$\beta_0, \beta_i, \gamma_j, \delta_k$ = Parámetros de la función.

X_i = Cantidades de insumos de producción.

Y_j = Variables continuas que afectan la productividad.

Z_k = Variables nominales u ordinales que afectan la productividad.

El modelo (4) es una variación empírica de la forma funcional Cobb-Douglas (Frey et al, 2019) que se transforma en el modelo lineal:

$$\ln Q = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i \ln X_i + \sum_{j=1}^n \gamma_j \ln Y_j + \sum_{k=1}^r \delta_k Z_k \quad (5)$$

A partir de la ecuación (5) se definen tres modelos enumerados en orden de complejidad. Con el modelo (6) es posible determinar el efecto de los factores de producción K y L, en el modelo (7) se agregan los factores relacionados con el nivel tecnológico, la disponibilidad de madera y la inclusión de mujeres en el proceso productivo. Por último, con el modelo (8) se evalúa el efecto de los subsidios, la certificación de madera y la figura legal con la que está constituida la EFC. De este modo, prescindiendo de los subíndices para simplificar la notación, los modelos de regresión a estimar como extensiones del modelo original (Ecuación 1), son:

$$\ln Q = u + \beta_0 + \beta_1 \ln L + \beta_2 \ln K + \varepsilon \quad (6)$$

$$\ln Q = u + \beta_0 + \beta_1 \ln L + \beta_2 \ln K + \beta_3 \ln VD + \gamma_1 \ln CA + \gamma_2 \ln CM + \gamma_3 \ln CI + \gamma_4 \ln PO + \gamma_5 \ln PTD + \varepsilon \quad (7)$$

$$\ln Q = u + \beta_0 + \beta_1 \ln L + \beta_2 \ln K + \beta_3 \ln VD + \gamma_1 \ln CA + \gamma_2 \ln CM + \gamma_3 \ln CI + \gamma_4 \ln PO + \gamma_5 \ln PTD + \delta_1 S + \delta_2 \text{CERT} + \delta_3 \text{FL} + \varepsilon \quad (8)$$

Donde:

Q = Producción anual (Mpt).

L = Trabajo (Empleos totales al año).

K = Capital anual (pesos).

VD = Volumen de madera disponible anual (m^3 rollo).

CA = Coeficiente de aserrío anual (%).

CM = Clasificación de madera anual (%).

CI = Capacidad instalada de la industria anualmente (pt/turno).

PO = Número de mujeres en puestos operativos anualmente (#/año).

PTD = Número de mujeres en puestos de toma de decisiones por año (#/año).

S = Conceptos de subsidios de PRONAFOR (número de apoyos/año).

CERT = Certificación CoC (0,1).

FL= Figura Legal (FL1=Ejido o Comunidad, FL2=Privada y FL3=Sociedad).

Para cuantificar la producción de unidades físicas en el proceso de aserrío se realizó el modelado de la función de producción a partir de los modelos (6, 7 y 8)

Valor del producto marginal y rendimientos a escala

En la teoría microeconómica, una empresa es competitiva si se explota hasta llegar a una cantidad de producción donde si el valor del producto marginal (VPM) de cada insumo es igual a su precio. El VPM es el ingreso adicional que obtiene una empresa por contratar una unidad de trabajo adicional y/o una unidad de capital, *L* y/o *K*, respectivamente. Es decir, si las EFC buscan la máxima competitividad, los ingresos generados por una unidad adicional de insumo deberían ser iguales a su costo; esto es, el valor del producto marginal del insumo menos el precio será cero (Mas-Colell, Whinston y Green, 1995; Salvatore, 1983; Varían, 2006). A partir de la ecuación (4), la hipótesis de competitividad en términos del valor del producto marginal está dado por:

$$P_Q \left(\frac{\partial Q(L, K)}{\partial X_f} \right) - P_f = 0 \quad (9)$$

$$P_Q [e^{\beta_0} \prod_{i=1}^m X_i^{\beta_i} \prod_{j=1}^n Y_j^{\gamma_j} \prod_{k=1}^r e^{\delta_k Z_k}] - P_f = 0 \quad (10)$$

Donde:

P_Q = Precio de mercado de la madera aserrada ponderado al precio nacional (\$/pt),

P_f = Precio de insumo (\$/salario, \$/capital) obtenido a partir del costo de producción (30% del costo de producción para salario y 20% del costo de producción para capital).

$\beta_0, \beta_f, \gamma_j, \delta_k$ = Parámetros de la función.

A partir de la ecuación (4), es posible construir la hipótesis de competitividad de la EFC en función del VPM para mano de obra (L):

$$\begin{aligned} p_Q \left(\frac{\partial Q(L,K)}{\partial L} \right) - p_L &= 0 \\ p_Q [\alpha_1 Q(L,K) (u + \alpha_0 + \alpha_1 \ln L + \alpha_2 \ln K)^{\frac{1}{\lambda}-1} L^{-1}] - p_L &= 0 \end{aligned} \quad (11)$$

De forma análoga, la hipótesis de competitividad para la EFC en función del VPM para capital (K) será:

$$\begin{aligned} p_Q \left(\frac{\partial Q(L,K)}{\partial K} \right) - p_K &= 0 \\ p_Q [\alpha_2 Q(L,K) (u + \alpha_0 + \alpha_1 \ln L + \alpha_2 \ln K)^{\frac{1}{\lambda}-1} K^{-1}] - p_K &= 0 \end{aligned} \quad (12)$$

Donde:

$p_Q \left(\frac{\partial Q(L,K)}{\partial L} \right)$ = Valor marginal del producto, PL = Precio de mano de obra; PK = Precio de capital y PVD = Precio del volumen unitario de madera.

Usando las Ecs. (11) y (12) se realizó la prueba de las hipótesis para VPM de los insumos L y K y VD con la finalidad de determinar la competitividad nacional y estatal, respectivamente. Para contrastar las hipótesis anteriores se utilizó la prueba de Wald para restricciones no lineales (Greene, 2011) usando el paquete estadístico R (R Core Team, 2020).

Adicionalmente, se probaron las hipótesis de $H_0: \beta_K + \beta_L = 1$ para determinar rendimientos constantes a escala para los insumos K y L (Salvatore, 1983; Gould y Lazear, 1998).

A partir de las funciones de producción se determinaron funciones de costos e ingreso (Apéndice 1)

5.5 Resultados y discusión

5.5.1 Resultados

Funciones de producción

Se generaron los modelos siguientes:

$$\ln Q = -10.371 + 0.690 \ln L + 0.795 \ln K \quad (\text{I})$$

$$\ln Q = -6.382 + 0.475 \ln L + 0.320 \ln K + 0.481 \ln VD \quad (\text{II})$$

$$\ln Q = -5.724 + 0.442 \ln L + 0.252 \ln K + 0.520 \ln VD + 0.267 \ln FL1 + 0.781 \ln FL2 + 0.369 \ln FL3 \quad (\text{III})$$

Cuadro 9. Funciones de producción Cobb-Douglas para madera aserrada.

Modelo	I	II	III
Variable	Coeficiente (p-valor)		
$\ln L$	0.690 (0.0)***	0.475 (0.0)***	0.442 (0.0)***
$\ln K$	0.795 (0.0)***	0.320 (0.0016)**	0.252 (0.0095)**
$\ln VD$		0.481 (0.0)***	0.520 (0.0)***
FL_{Ejido}			0.267 (0.0801)
$FL_{privado}$			0.781 (0.001)***
$FL_{sociedad}$			0.369 (0.029)*
Constante	-10.371 (0.0)***	-6.382 (0.0)***	-5.724 (0.0)***
<i>Estadísticos</i>			
R^2	0.816	0.848	0.845
F_{0^2}	0.988 (0.503)	0.990 (0.635)	0.984 (0.248)
<i>Bartlett/Levine'</i>	14.685 (0.1)	1.475 (0.168)	1.323 (0.235)

Test estadístico

F_1^x	23.86 (0.0)***	2.93 (0.0865)	8.56 (0.005)**
$IMg_L-P_L^w$	2117.497 (0.392)	642.42 (0.012)*	297.183 (0.138)
$IMg_K-P_K^w$	5.962 (0.471)	0.752 (0.181)	0.752 (0.960)
$IMg_{VD}-P_{VD}^w$		-708.236(0.0)***	-828.57 (0.0)***

Fuente: Elaboración propia. Notas: ^z F_0 Prueba de normalidad Shapiro-Wilk, no se rechaza la normalidad (p-valor > 0.001). ^yPrueba de homocedasticidad de varianzas con la Prueba de Bartlett (la varianza de los residuos es constante (p-valor > 0.001)), para los modelos II y III no se rechaza la hipótesis de homocedasticidad con la prueba de Levine. ^xPrueba de hipótesis $H_0: \beta_L + \beta_K = 1$. ^wPrueba de hipótesis de $H_0: Pmg_L-P=0$ para datos agregados a nivel nacional. * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001.

Cuadro 10. Estadísticos para la prueba de VPM (Modelo I).

Estado	Estimación VPM_L (p-val)	Estimación VPM_K (p-val)
Chiapas	1115.438 (0.358)	3.710 (0.497)
Chihuahua	1034.867 (0.362)	6.386 (0.443)
Durango	4031.075 0.397	7.680 (0.471)
Edo. México	3147.397 (0.397)	11.999 (0.430)
Jalisco	2219.260 (0.372)	5.462 (0.479)
Michoacán	1943.497 (0.390)	4.186 (0.504)
Oaxaca	1624.518 (0.424)	1.440 (0.637)
Puebla	2365.610 (0.385)	6.181 (0.469)
Q. Roo	3153.318 (0.373)	7.020 (0.466)
Veracruz	3092.774 (0.390)	8.878 (0.449)

Fuente: Elaboración propia. Prueba de hipótesis para el Valor del Producto Marginal para mano de obra (L) y capital (K) a nivel estado ($H_0: Pmg_L-P_L=0$; $H_0: Pmg_K-P_K=0$). * p<0.05; ** p<0.01; *** p<0.001.

Cuadro 11. Estadísticos para la prueba de VPM (Modelo II).

Estado	Estimación VPM_L (p-val)	Estimación VPM_K (p-val)	Estimación VPM_{VD} (p-val)
Chiapas	195.653 (0.040)*	-0.1744 (0.491)	-346.505 (0.0009)***
Chihuahua	320.119 (0.053)	0.884 (0.132)	-408.536 (0.0005)***
Durango	1178.74 (0.006)**	1.0442 (0.150)	-716.938 (0)***
Edo. México	377.987 (0.195)	1.2909 (0.075)	-46.939 (0.799)
Jalisco	356.280 (0.045)*	0.0578 (0.876)	-53.295 (0.723)
Michoacán	507.136 (0.014)*	0.1563 (0.698)	-648.341 (0)***

Oaxaca	461.268 (0.001)***	-0.4049 (0.056)	-776.435 (0)***
Puebla	609.375 (0.005)**	0.6137 (0.205)	-787.506 (0)***
Q. Roo	927.197 (0.001)***	0.8459 (0.146)	-4007.601 (0)***
Veracruz	784.274 (0.009)**	1.2457 (0.064)	-791.833 (0)***

Fuente: Elaboración propia. Prueba de hipótesis para el Valor del Producto Marginal para mano de obra (L) y capital (K) y Volumen disponible (VD) a nivel estado (Ho: $Pmg_L - P_L = 0$; Ho: $Pmg_K - P_K = 0$; Ho: $Pmg_{VD} - P_{VD} = 0$). * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

Cuadro 12. Estadísticos para la prueba de VPM (Modelo III).

Estado	Estimación	Estimación	Estimación
	VPM _L (p-val)	VPM _K (p-val)	VPM _{VD} (p-val)
Chiapas	63.298 (0.383)	-0.538 (0.002)**	-537.153 (0)***
Chihuahua	147.292 (0.227)	0.091 (0.827)	-557.230 (0)***
Durango	698.691 (0.057)	0.293 (0.595)	-771.934 (0)***
Edo. Mexico	-208.213 (0.213)	-0.017 (0.963)	-591.969 (0)***
Jalisco	91.627 (0.471)	-0.4343 (0.069)	-402.964 (0.004)**
Michoacán	267.964 (0.116)	-0.2887 (0.334)	-760.214(0)***
Oaxaca	378.242 (0.016)*	-0.548 (0.004)**	-758.686(0)***
Puebla	283.657 (0.122)	-0.044 (0.901)	-896.420(0)***
Q. Roo	525.086 (0.033)*	0.122 (0.777)	-4253.510 (0)***
Veracruz	248.478 (0.272)	0.201 (0.653)	-945.969 (0)***

Fuente: Elaboración propia. Prueba de hipótesis para el Valor del Producto Marginal para mano de obra (L) y capital (K) y Volumen disponible (VD) a nivel estado (Ho: $Pmg_L - P_L = 0$; Ho: $Pmg_K - P_K = 0$; Ho: $Pmg_{VD} - P_{VD} = 0$). * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

5.5.2 Discusión

Las variables L y K resultaron ser altamente significativa (p -valor < 0.001 para ambas) en el modelo I. Y al igual que los factores de producción, otras variables que determinan productividad en las EFC como lo es VD (modelo II) L y VD fueron altamente significativos (p-valor < 0.001 para ambos), y la variable K resultó significativa al 0.16% (p -valor < 0.05). Las variables CA, CM, CI, PO y PTD no tuvieron efecto alguno en la productividad (p -valor > 0.05), debido probablemente a que esas variables no tienen relación directa con la

productividad, más bien se refieren al resultado de estrategias de mercado, de mejoras tecnológicas y de cuota de género. Los exponentes en una función del tipo Cobb-Douglas son las elasticidades de los insumos L y K en los modelos I, II y III (Cuadro 9) y representan la variación porcentual del nivel de producto (Q) frente a variaciones porcentuales en el trabajo y el capital. Las elasticidades de los insumos L y K para producir un nivel de producto Q (modelo I, Cuadro 9), muestran mayor significancia estadística que cuando se agregan al modelo otras variables como VD que afectan la producción y productividad (modelo II, Cuadro 1). Esto es relevante si decide emplear modelos con más variables que expliquen el efecto en la producción de los insumos como posibles mejoras productivas en el uso de los factores. La significancia estadística de la variable K disminuye al agregar otras variables como VD y FL (modelos II y III, Cuadro 9).

Para el modelo (III), entre otros factores a los relativos a la figura legal: Propiedad privada y sociedad, las estimaciones de las variables FLprivado y FLsociedad representan el incremento porcentual en la producción de madera aserrada de una EFC que pertenece a la figura legal Empresa Privada ($(e^{0.781} - 1) * 100 = 118 \%$) y para la EFC que pertenece a la figura legal sociedad ($(e^{0.369} - 1) * 100 = 44 \%$). Esto es relevante dado que los ejidos y comunidades forestales representan más del 85 % del régimen de propiedad forestal, con respecto a la pequeña propiedad y sociedad, y que desafortunadamente no se pudo determinar efecto en la productividad de la figura legal ejido. La contribución de las variables FLejido, S, y C no tuvieron efecto en la productividad de las EFC ($p\text{-valor} > 0.05$). Se recomienda usar valores monetarios para S en lugar del número de subsidios para los años 2017 al 2019. Respecto al análisis del VPM para L y K usando datos agregados a nivel nacional, se rechaza la hipótesis $H_0: P_{mgL-PL}=0$ para el modelo II (Cuadro 9) con un nivel de significancia del 0.1 % ($p\text{-valor} < 0.05$). No existe significancia estadística para las hipótesis $H_0: P_{mgL-PL}=0$ y $H_0: P_{mgK-PK}=0$ ($p\text{-valor} > 0.05$) en el análisis de VPM a nivel estado (modelo I, Cuadro 10). Para el modelo (II, Cuadro 11) al determinar la competitividad de las EFC se rechazó $H_0: P_{mgL-PL}=0$ en las EFC de los estados de Chiapas, Jalisco y Michoacán ($p\text{-valor} < 0.05$), Durango, Puebla y Veracruz ($p\text{-valor} < 0.1$), y Oaxaca y

Quintana Roo ($p\text{-valor} < 0.001$). Al obtener un valor estimado mayor a cero (Cuadro 12) se trata de EFC que no son competitivas y están subutilizando el insumo L, lo que significa que el VPM de L es mayor al precio de mercado del recurso L. Para el modelo III, se rechaza $H_0: P_{mgL} - P_L = 0$ en las EFC ubicadas en los estados de Oaxaca y Quintana Roo ($p\text{-valor} < 0.05$). De forma similar, se rechaza $H_0: P_{mgK} - P_K = 0$ para las EFC ubicadas en los estados de Chiapas y Oaxaca ($p\text{-valor} < 0.01$).

Respecto al análisis de VPM para VD para los modelos II y III usando datos agregados a nivel nacional se rechaza $H_0: P_{mgVD} - P_{VD} = 0$ con un nivel de significancia del 0.1% ($p\text{-valor} < 0.001$). De manera específica para el modelo (II) se rechaza $H_0: P_{mgVD} - P_{VD} = 0$ para todos los estados ($p\text{-valor} < 0.001$), excepto el Estado de México y Jalisco que no se obtuvo significancia estadística. Las EFC ubicadas en los estados de Chiapas, Chihuahua, Durango, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo y Veracruz al obtener un valor estimado menor a cero (Cuadro 11) están sobre utilizando el insumo VD, lo que significa que el VPM de VD es menor al precio de mercado del recurso VD. Para el modelo (III) se rechaza $H_0: P_{mgVD} - P_{VD} = 0$ para las EFC ubicadas en los estados de Chiapas, Chihuahua, Durango, Estado de México, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo y Veracruz ($p\text{-valor} < 0.001$) por lo tanto, las EFC son no competitivas en el uso del recurso VD (Cuadro 12).

La relación del VPM y del costo del factor es de utilidad para determinar el uso competitivo de los recursos, aunque no existe significancia estadística para determinar que existe uso no competitivo del insumo L y K a nivel nacional para los modelos I y III y para el insumo K del modelo II, lo que indica que no existe evidencia sobre la sobreutilización o subutilización de ambos insumos en el proceso productivo, consistente con la maximización del ingreso de la empresa. Contrario a lo obtenido por Frey et al. (2019) el cual determinó que las empresas forestales comunitarias son competitivas en dos casos: en el uso de recursos y en el rendimiento a escala.

Los resultados estadísticos de varianza de los datos agregados y a nivel estado indican que son no significativos. Sin embargo, al comparar los datos

agregados y por estado para el modelo II, los estados de Chiapas, Jalisco y Michoacán mantienen la significancia en el uso de L al 5% (p- valor < 0.5); mientras que los estados de Durango, Puebla y Veracruz aumentan el nivel de significancia al 1% (p- valor < 0.1) y Oaxaca y Quintana Roo al 0.1% (p- valor < 0.001). De manera particular el Estado de México y Jalisco no alcanzan significancia estadística en el análisis VPM para VD (p- valor > 0.05). Los demás estados mantienen la significancia al 0.1 % (p- valor < 0.001) al igual que para los datos agregados. En el modelo III solo los estados de Oaxaca y Quintana Roo mantienen la significancia al 5% (p-valor < 0.05) en el análisis VPM para L. Contrariamente a los resultados estadísticos de datos agregados, los estados de Chiapas y Oaxaca obtienen una significancia en el análisis VPM para K del 1 % (p-valor < 0.01) y todos los estados mantienen la significancia del 0.1% (p-valor < 0.001) en el análisis VPM para VD.

Esto puede deberse a que la gran variabilidad en los valores de las variables surge al agrupar las EFC por estado. Por ejemplo, en el estado de Chihuahua el valor de Q anual fue: máxima = 4709.88, mínima = 94.89 y media= 2,392 Mpt/año; es sustancialmente mayor a la producción en el estado de Puebla cuyo valor de Q anual fue: máximo = 1332.02, mínimo = 402.70 y media= 771.051 Mpt/año. El valor de las 35 EFC para Q fue de: máximo = 6952.380, mínimo = 90.956 y media= 1613.229 Mpt/año.

Al realizar la prueba de hipótesis ($H_0: \beta_K + \beta_L = 1$) para determinar rendimientos no constantes a escala para los insumos L y K, los resultados de las elasticidades de los factores de producción (L y K), reflejan que ningún modelo presenta rendimientos constantes a escala (Estadístico F1 en Cuadro 9) , para el modelo I se obtuvo un rendimiento creciente a escala ($\beta_L + \beta_K > 1$), pero el rendimiento disminuye al agregar variables continuas (VD, CA, CM, CI, PO y PTD) y nominales (S, CERT y FL) que afectan la productividad a los modelos II y III, respectivamente, los rendimientos son decrecientes a escala para ($\beta_L + \beta_K < 1$), lo que significa que en promedio las EFC pueden estar operando bajo rendimientos decrecientes a escala en el corto plazo, similar a lo encontrado por Niquidet & Nelson (2010).

Existe alta variabilidad de la información de las EFC analizadas, similar a lo mencionado por Cubbage et al. (2015b), y las variables con poca variabilidad entre empresas son: CA ($\mu=0.518$, $\sigma=0.051$) y CM ($\mu=0.062$, $\sigma=0.083$). Y al igual que la alta variabilidad entre empresas asociadas a las variables CI, CO, PO, PTD, CERT no tuvieron impacto en la productividad. Por ejemplo, la variable CA en el modelo II, no tiene efecto en la producción, la única variable continua que determina productividad es VD, la cual fue significativa a niveles de $\alpha = 0.01$, similar a los resultados de Frey et al. (2019) para la variable inventario total de madera de pino y oyamel por aprovechar en la EFC en México. El apoyo gubernamental mediante subsidios y la certificación forestal no tuvo efecto en la producción, similar a los resultados presentados por Frey et al. (2019) para volumen cosechado. Aunque la información del presente estudio tuvo alta variabilidad, la bondad de ajuste fue buena para los modelos ya que fluctuó entre 81.60 y 84.60 %.

5.6 Conclusiones

La función Cobb-Douglas es una expresión particular de la función de producción, lo que la hace útil para construir modelos económicos que representan la producción, en este caso de unidades físicas (madera aserrada) son útiles para definir políticas necesarias para fomentar el rubro maderero a través de aquellos factores con mayor impacto como L, K y VD.

No existe uso competitivo en los recursos L, K y VD para las 35 EFC ubicadas en los 10 estados analizados.

Las variables VD, y FLejido, FLprivado y FLSociedad si tuvieron efecto en la productividad para los modelos II y III, respectivamente. Las EFC conformadas como empresas privadas y sociedades, aportan el 118 % y 44 % de la producción, respectivamente con respecto a la figura de ejido, la cual aporta solo el 30 % en la producción.

Las funciones de producción generadas son homogéneas de grado $n > 1$ con rendimientos crecientes a escala para el modelo (I) y homogéneas de grado $n < 1$ con rendimientos decrecientes a escala para los modelos (II) y (III).

Las variables continuas CA, CM, CI, PO y PTD y nominales (S, CERT) no tienen ningún efecto en la productividad. Aunque el Coeficiente de asierre (CA) y la capacidad instalada (CI), tienen que ver con el nivel tecnológico de la industria, no contribuyen a incrementar la productividad; y la clasificación de madera (CM) se refiere más a una estrategia para incrementar el valor de la madera con escasos efectos prácticos; y los puestos operativos para mujeres (PO) y puestos de mujeres en toma de decisiones (PTD) que son relativos a la cuota de género, tampoco afectan la productividad, sin embargo, en proyectos de inversión apoyados por el Banco Mundial y CONAFOR se privilegian aquellos que cumplen con la certificación del buen manejo forestal y la cuota de género. Por otro lado, existe la limitante de ver el efecto de los subsidios integrados en un solo concepto en la producción ya que se trata de un tiempo corto (3 años), y los apoyos directos e indirectos tardan en madurar más tiempo.

5.7 Literatura citada

- Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. CONAFOR (2017a). Resultados de la Convocatoria del Programa Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable para el año 2017. México. https://www.conafor.gob.mx/apoyos/index.php/inicio/app_apoyos#/detalle/2017/68 (4 de noviembre de 2020).
- CONAFOR. (2017b). Sistema de Precios de Productos Forestales Maderables 2017.
- CONAFOR. (2018a). Resultados de la Convocatoria del Programa Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable. México. Consultado el https://www.conafor.gob.mx/apoyos/index.php/inicio/app_apoyos#/detalle/2018/73 (4 de noviembre de 2020)
- CONAFOR. (2018b). Sistema de Precios de Productos Forestales Maderables 2018.
- CONAFOR. (2019a). Estado que guarda el sector forestal en México. SEMARNAT. Guadalajara, Jal., México. 422 p. <https://www.gob.mx/conafor/es/documentos/estado-que-guarda-el-sector-forestal-en-mexico-2019?idiom=es> (4 de noviembre de 2020).

- CONAFOR. (2019c). Resultados de la Convocatoria del Programa Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable. https://www.conafor.gob.mx/apoyos/index.php/inicio/app_apoyos#/detalle/2019/79 (4 de noviembre de 2020)
- Cubbage., F. W., R. R. Davis. y G. E. Frey. (2011). Guía para la evaluación Económica y Financiera de Proyectos Forestales Comunitarios en México. Banco Mundial Región de Latinoamérica y el Caribe. *Documento de Trabajo Forestal Latinoamericano*, 2, 45 p. <https://www.researchgate.net/publication/311964643> (2 de diciembre 2020)
- Cubbage, F., Davis, R., Rodríguez- Paredes, D., Frey, G., Mollenhauer, R., Kraus-Elsin, Y., ... & Chemor-Salas, D. N. (2013). Competitividad y acceso a mercados de empresas forestales comunitarias en México. Washington, DC: Program on Forests (PROFOR). 132 p.
- Cubbage, F., Davis, R., Rodríguez-Paredes, D., Mollenhauer, R., Kraus-Elsin, Y., Frey, G.,& Chemor-Salas, D. N. (2015a). Community Forestry Enterprises in Mexico: Sustainability and Competitiveness. *Journal of Sustainable Forestry*, 34, 623–650. doi:10.1080/10549811.2015.1040514
- Cubbage, F., Davis, R., Rodríguez- Paredes, D., Kraus-Elsin, Y., Mollenhauer, R., & Frey, G. (2015b). Timber Production Cost and Profit Functions for Community Forests in Mexico. *Tropical Forestry Handbook*. The World Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. 19 p. doi:10.1007/978-3-642-41554-8_222-2
- Chandra, B. S. & Shishodia, M. (2017). Agribusiness competitiveness Applying analytics, Typology and measurements to Africa. Discussion paper. 01648. *International Food Policy Research Institute (IFPRI)*. Washington, D.C.
- Frey, G. E., Cubbage, F., Holmes, T. P., Reyes-Retana, G., Davis, R. R., Megevand, C.,& Chemor-Salas, D. N. (2019). Competitiveness, certification, and support of timber harvest by community forest enterprises in Mexico. *Forest Policy and Economics*, 107, 1-11. doi:10.1016/j.forpol.2019.05.009.
- Gould., J. P., & Lazear, E. P. (1998). Teoría Microeconómica. México: Fondo de Cultura Económica.
- Greene W., H. (2011). *Econometric Analysis* (7th edition). USA: Prentice Hall.
- Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática [INEGI] (2019). Calculadora de inflación. <https://www.inegi.org.mx/app/indicesdeprecios/CalculadoraInflacion.aspx>
- [INEGI] (2020). Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC). <https://www.elcontribuyente.mx/inpc/>
- Niquidet K, & Nelson H. (2010). Sawmill production in the interior of British Columbia: a stochastic ray frontier approach. *Journal Forest Economics*, 16, 257- 267.
- Mas-Collel, A., Whinston, M. D., & Green, J. R. 1995. *Microeconomic Theory*. USA: Oxford University Press.
- PNUD. (2017). Documento del Proyecto “Fortalecimiento del Manejo Forestal Sustentable con Enfoque de Paisaje”. Cd. De México, México 135 p.

- <https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/MEX/PRODOC.pdf> (20 de noviembre de 2020).
- R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>. (24 de octubre de 2020).
- Reyes, J. A., Gómez, J. P., Muis, R.O., Zavala, R., Ríos G.A., & Villalobos, O. (2012). Atlas de Propiedad Social y Servicios Ambientales en México. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Cooperación Técnica Registro Agrario Nacional - Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Ciudad de México, México. 157 p.
- Salvatore, D. (1983). Microeconomía. Teoría y 475 problemas resueltos (2ª. Edición). México: McGraw-Hill.
- Sasatani, D. (2009). National Competitiveness Index of the Forest Products Industry in the Asia Pacific Region. Asia-Pacific Forestry Sector Outlook Study II. Working Paper No. APFSOS II/WP/2009/25. FAO. Bangkok, Tailandia. 114 p.. Consultada en <http://www.fao.org/3/am620e/am620e00.pdf>
- Sasatani, D., (2009). APFSOS II: National Competitiveness Index of the Forest Products Industry in the APR. FAO.
- Varían, H. R. (2006). Microeconomía Intermedia. Un enfoque actual (7ª edición) España: Antoni Bosch

6 CONCLUSIONES GENERALES

La dificultad de disponer de estadísticas actualizadas del sector forestal en México, además la falta de integración y desarrollo de la cadena productiva limita el análisis de la competitividad de ese sector, en donde las actividades del sector se llevan a cabo de manera desarticulada entre los distintos eslabones de producción (productores de materias primas, industrias, instituciones de investigación, prestadores de servicios técnicos) y gobierno, y aunado a las importaciones de materias primas y productos forestales, por lo que el sector forestal no es competitivo.

La Teoría de Porter (modelo de diamantes), es útil para el análisis de la competitividad forestal cuando existe una cadena productiva bien estructurada, como es en el caso de Macedonia, un país poco competitivo (similar a la situación de México); o cuando se tienen clústeres forestales bien estructurados como en Canadá, Nueva Zelanda, y países de la Unión Europea. Para el caso de México,

éstas dos circunstancias, no ha permitido el desarrollo de índices de competitividad forestales, ya que las cadenas forestales estructuradas y clústeres consolidados son la principal fuente de información para construir y monitorear los componentes de ese índice.

Se considera conveniente construir un índice de competitividad forestal para México considerando lo siguiente: Ampliar la información para toda la cadena productiva y para el producto más representativo (madera aserrada); definir actores que definen competitividad en toda la cadena, realizar análisis de clústeres (aunque no se tenga) para determinar encadenamientos faltantes hacia atrás y hacia adelante. Para lo cual, el Modelo de Porter y sus componentes: Factores condicionantes, condiciones locales de demanda, firma estratégica y rivalidad, y presencia de industrias relacionadas y de apoyo, es la herramienta más utilizada en los análisis de competitividad en otros países.

La técnica multicriterio resultó útil para determinar la competitividad de la Empresa Forestal Comunitaria; los resultados pueden ser empleados en distintos niveles de políticas públicas, el *ranking* de EFC para la aplicación de incentivos al desempeño en general y el resultado del *sorting* para definir políticas de apoyo más focalizadas, por ejemplo, si se buscan objetivos ambientales, se pueden poner niveles de cumplimiento más altos en los perfiles límite de los criterios de la dimensión ambiental. Lo mismo puede usarse para objetivos sociales, definiendo los niveles deseados en los perfiles límite de los criterios sociales.

La técnica multicriterio en el primer análisis (*ranking*) permitió identificar el efecto en el desempeño de las EFC, en donde solo tres de las 30 empresas para los criterios: Trabajadores por centenar de m³, empleo para mujeres y ventas certificadas obtuvieron las tres primeras posiciones. Y el marco del segundo análisis (categorización o *sorting*) el agrupamiento de las empresas solo ocurre en las categorías alta y media, y solo tres de ellas son clasificadas en la categoría de alto desempeño (C_1). El resto de EFC son clasificadas en la categoría de desempeño medio (C_2) y ninguna en la categoría de desempeño bajo (C_3). Esto es congruente con los resultados del *ranking*, ya que

La función de producción Cobb-Douglas como función de producción fue útil para construir modelos económicos que representan la producción de madera aserrada para las 35 EFC analizadas; modelando variables de producción (capital y mano de obra), variables continuas (coeficiente de asierre, clasificación de madera, capacidad instalada y operativa y puestos en toma de decisiones) y variables nominales (subsidios y certificación).

Los resultados de las funciones de producción para los tres modelos analizados permitieron determinar la competitividad de las EFC en el uso de los recursos mediante el Valor del Producto Marginal. Por lo que se concluyó que no existe un uso competitivo en los recursos (mano de obra, capital y volumen disponible) para las 35 EFC ubicadas en 10 estados de México, ni a nivel nacional.

Las variables continuas coeficiente de asierre, clasificación de madera, capacidad instalada y operativa y puestos en toma de decisiones, así como las variables nominales (subsidios y certificación) no tienen ningún efecto en la productividad. Aunque el Coeficiente de asierre (CA) y la capacidad instalada (CI), tienen que ver con el nivel tecnológico de la industria, no contribuyen a incrementar la productividad; y la Clasificación de madera (CM) se refiere más a una estrategia para incrementar el valor de la madera con escasos efectos prácticos. Los Puestos operativos para mujeres (PO) y Puestos de mujeres en toma de decisiones (PTD) que son relativos a la cuota de género, tampoco afectan la productividad. Por otro lado, existe la limitante de ver el efecto de los subsidios en la producción ya que se trata de un tiempo corto (3 años), y los apoyos directos e indirectos tardan en madurar más tiempo.

Las variables volumen disponible y figura legal (ejido, propiedad privada y sociedad) si tuvieron efecto en la productividad para los modelos II y III, respectivamente.

Las dos técnicas usadas para determinar competitividad de las EFC en México (análisis multicriterio mediante el *ranking* y el *sorting*) y el valor del producto marginal de insumos (VPM) refleja un panorama no competitivo para un 3 % de las Empresas Forestales Comunitarias analizadas en el presente estudio.

7 APÉNDICE

Determinación de costos e ingreso

Para cuantificar la producción de unidades físicas (Q) en el proceso de aserrío se usaron los modelos 1, 2 y 3; posteriormente se determinó el valor de mercado de Q. El producto generado es un *comoditty* (madera aserrada) y con la información sobre clasificación de madera aserrada (desde un 5.5% hasta un 36.9%) para dimensiones largas para tres grupos de especies (pino, pino-abies y preciosas tropicales) y asociada a ésta un valor diferenciado en precio de madera LAB aserradero, se realizó un análisis comparativo para los precios de la madera aserrada reportados por EFC (P=Precio EFC en el Proyecto Paisaje) y los reportados por el Sistema de Precios de Productos Forestales Maderables (SIPRE), denominados P_Q = Precios de mercado, para los años 2017 y 2018. No existe información disponible de precios de madera aserrada del SIPRE para el año 2019, por lo que se usaron precios estimados de acuerdo al valor de la inflación de 2.74% (Conafor, 2017b; Conafor, 2018b; INEGI, 2019).

Se obtuvo el valor ponderado de la madera de acuerdo al precio en el mercado (P_Q) de acuerdo a la especie, clasificación de madera y región, creando la variable Val_Q (Precio ponderado de la madera aserrada producida) indexado con el precio promedio nacional en (\$/pt) para cada tipo de producto con el fin de evitar endogeneidad, usando el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC). La base para indexar fue la de julio del año 2018, usando la ecuación 4 (INEGI, 2020).

$$VR = VH * \left(\frac{IPC}{IPC_{Inicial}} \right) \quad (4)$$

Donde:

VR = Valor a reintegrar, \$

VR = Monto cuya devolución se ordena inicialmente, \$

IPC = Índice de precios al consumidor (2017=98.27; 2018=103.020; 2019=105.934)

Finalmente, dado que la empresa forestal comunitaria maximiza ingresos y beneficios, por venta de madera de la EFC, se determinó el ingreso neto a partir de la variable ganancia (Π) la cual empleó el Precio de mercado (Val_Q) y la cantidad producida (Q).

Minimización de costo

A partir de la función de producción Cobb-Douglas $q = Q(K, L) = e^{\beta_0} L^{\beta_1} K^{\beta_2}$, el problema de minimización de costos está dado por

$$\begin{aligned} C(P_L, P_K, q) &= \min P_L L + P_K K & (5) \\ \text{suje to a } q &= Q(K, L) = e^{\beta_0} L^{\beta_1} K^{\beta_2} \end{aligned}$$

Donde:

C = Costo total

q = Nivel de producción arbitrario

L y K = factores de producción

P_K y P_L = Precios de insumos mano de obra (L) Y Capital (K)

Para determinar las cantidades óptimas de K y L se resuelve la minimización restringida utilizando el método del multiplicador de Lagrange (Mas-Collel et al, 1995; Varían, 2006;), por lo que la función a minimizar es

$$\mathcal{L} = P_L L + P_K K - \lambda [Q(L, K) - q] \quad (6)$$

Y las condiciones de primer orden son

$$\partial \mathcal{L} / \partial L = P_L - \lambda (\partial Q(L, K) / \partial L) = P_L - \lambda e^{\beta_0} L^{\beta_1 - 1} K^{\beta_2} = 0 \quad (7)$$

$$\partial \mathcal{L} / \partial K = P_K - \lambda (\partial Q(L, K) / \partial K) = P_K - \lambda e^{\beta_0} L^{\beta_1} K^{\beta_2 - 1} = 0 \quad (8)$$

$$\partial \mathcal{L} / \partial \lambda = Q(L, K) - q = e^{\beta_0} L^{\beta_1} K^{\beta_2} - q = 0 \quad (9)$$

Dividiendo (7) entre (8), se determina la tasa marginal de sustitución técnica (TMST) para los dos insumos, que es igual al cociente de sus precios, como se indica

$$P_L / P_K = (\partial Q / \partial L) / (\partial Q / \partial K) = \frac{\beta_1 K}{\beta_2 L} = \text{TMST} \quad (10)$$

Resolviendo para K se obtiene

$$K = \frac{P_L}{P_K} \frac{\beta_2}{\beta_1} L \quad (11)$$

Sustituyendo K de ec (11) en ecuación (9) para obtener la cantidad óptima de L se obtiene

$$L = \left(e^{-\beta_0 / (\beta_1 + \beta_2)} \left(\frac{P_L}{P_K} \frac{\beta_2}{\beta_1} \right)^{-\beta_2} \right)^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2}} q^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2}} = e^{-\beta_0 / (\beta_1 + \beta_2)} \left(\frac{P_K}{P_L} \frac{\beta_1}{\beta_2} \right)^{\frac{\beta_2}{\beta_1 + \beta_2}} q^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2}} \quad (12)$$

Sustituyendo valor de L de ecuación (12) en ecuación (11). Se obtiene el valor de K, dado por

$$K = \frac{P_L}{P_K} \frac{\beta_2}{\beta_1} \left(e^{-\beta_0 / (\beta_1 + \beta_2)} \left(\frac{P_K}{P_L} \frac{\beta_1}{\beta_2} \right)^{\frac{\beta_2}{\beta_1 + \beta_2}} q^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2}} \right) = e^{-\beta_0 / (\beta_1 + \beta_2)} \left(\frac{P_K}{P_L} \frac{\beta_1}{\beta_2} \right)^{\frac{\beta_2}{\beta_1 + \beta_2} - 1} q^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2}}$$

$$K = e^{-\beta_0 / (\beta_1 + \beta_2)} \left(\frac{P_K}{P_L} \frac{\beta_1}{\beta_2} \right)^{-\frac{\beta_1}{\beta_1 + \beta_2}} q^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2}} \quad (13)$$

Sustituyendo Ecuaciones (12) y (13) en ecuación (5) se obtiene

$$\begin{aligned}
C(P_L, P_K, q) &= \min P_L L + P_K K \\
&= P_L \left(e^{-\beta_0/(\beta_1+\beta_2)} \left(\frac{P_K}{P_L} \frac{\beta_1}{\beta_2} \right)^{\frac{\beta_2}{\beta_1+\beta_2}} q^{\frac{1}{\beta_1+\beta_2}} \right) + P_K \left(e^{-\beta_0/(\beta_1+\beta_2)} \left(\frac{P_K}{P_L} \frac{\beta_1}{\beta_2} \right)^{-\frac{\beta_1}{\beta_1+\beta_2}} q^{\frac{1}{\beta_1+\beta_2}} \right) \\
&= e^{-\beta_0/(\beta_1+\beta_2)} q^{\frac{1}{\beta_1+\beta_2}} \left[P_L \left(\frac{P_K}{P_L} \frac{\beta_1}{\beta_2} \right)^{\frac{\beta_2}{\beta_1+\beta_2}} + P_K \left(\frac{P_L}{P_K} \frac{\beta_2}{\beta_1} \right)^{\frac{\beta_1}{\beta_1+\beta_2}} \right] \\
&= e^{-\beta_0/(\beta_1+\beta_2)} q^{\frac{1}{\beta_1+\beta_2}} \left[P_L^{1-\frac{\beta_2}{\beta_1+\beta_2}} P_K^{\frac{\beta_2}{\beta_1+\beta_2}} \left(\frac{\beta_1}{\beta_2} \right)^{\frac{\beta_2}{\beta_1+\beta_2}} + P_K^{1-\frac{\beta_1}{\beta_1+\beta_2}} P_L^{\frac{\beta_1}{\beta_1+\beta_2}} \left(\frac{\beta_2}{\beta_1} \right)^{\frac{\beta_1}{\beta_1+\beta_2}} \right] \\
&= e^{-\beta_0/(\beta_1+\beta_2)} q^{\frac{1}{\beta_1+\beta_2}} \left(P_L^{\frac{\beta_1}{\beta_1+\beta_2}} P_K^{\frac{\beta_2}{\beta_1+\beta_2}} \left(\frac{\beta_1}{\beta_2} \right)^{\frac{\beta_2}{\beta_1+\beta_2}} + P_K^{\frac{\beta_2}{\beta_1+\beta_2}} P_L^{\frac{\beta_1}{\beta_1+\beta_2}} \left(\frac{\beta_2}{\beta_1} \right)^{\frac{\beta_1}{\beta_1+\beta_2}} \right) \\
&= e^{-\beta_0/(\beta_1+\beta_2)} q^{\frac{1}{\beta_1+\beta_2}} \left[\left(\frac{\beta_1}{\beta_2} \right)^{\frac{\beta_2}{\beta_1+\beta_2}} + \left(\frac{\beta_2}{\beta_1} \right)^{\frac{\beta_1}{\beta_1+\beta_2}} \right] P_L^{\frac{\beta_1}{\beta_1+\beta_2}} P_K^{\frac{\beta_2}{\beta_1+\beta_2}} \\
\text{Sea } \Theta &= e^{-\beta_0/(\beta_1+\beta_2)} \left[\left(\frac{\beta_1}{\beta_2} \right)^{\frac{\beta_2}{\beta_1+\beta_2}} + \left(\frac{\beta_2}{\beta_1} \right)^{\frac{\beta_1}{\beta_1+\beta_2}} \right]
\end{aligned}$$

Entonces, la función de costo es dada por

$$C(P_L, P_K, q) = q^{\frac{1}{\beta_1+\beta_2}} \Theta P_L^{\frac{\beta_1}{\beta_1+\beta_2}} P_K^{\frac{\beta_2}{\beta_1+\beta_2}} = q^{\frac{1}{\beta_1+\beta_2}} \Theta \phi(P_L, P_K) \quad (14)$$

Donde:

$$q^{\frac{1}{\beta_1+\beta_2}} = \text{Función de } q.$$

$\beta_1+\beta_2$ = Medida de los rendimientos a escala.

Si $\beta_1 + \beta_2 = 1$, la función de costo para una función de producción Cobb-Douglas es dada por

$$C(P_L, P_K, q) = q \Theta P_L^{\beta_1} P_K^{\beta_2} = q \Theta \phi(P_L, P_K) \quad (15)$$

Para obtener la minimización de costo con tres insumos (L, K y VD) a partir de la función de producción Cobb-Douglas

$$Q = (L, K, VD, h) = e^{\beta_0} L^{\beta_1} K^{\beta_2} VD^{\beta_3} h(X, \alpha) \quad (16)$$

Donde:

$h(X, \alpha)$ = es el efecto de otras covariables $Z(Z_1, \dots, Z_p)$.

α = Vector de parámetros.

El problema de minimización de costos es dado por

$$\begin{aligned} \min_{L, K, V} \quad & P_L L + P_K K + P_{VD} VD + Co \\ \text{sujeto a } q = Q(L, K, VD, h) = & e^{\beta_0} L^{\beta_1} K^{\beta_2} VD^{\beta_3} h(X, \alpha) \end{aligned} \quad (17)$$

Donde:

C = Costo total

q = Nivel de producción arbitrario

co = Costo fijo

L, K, VD = Factores de producción

P_L, P_K, P_V = Precios de insumos

Para determinar las cantidades óptimas de L , K y VD se resuelve la minimización restringida utilizando el método del multiplicador de Lagrange (Mas-Colell et al, 1995; Varían, 2006) en el que la función a minimizar es la ecuación siguiente

$$\mathcal{L} = C_o + P_L L + P_K K + P_{VD} VD - \lambda [Q(L, K, VD) - q] \quad (18)$$

Las condiciones de primer orden son

$$\partial \mathcal{L} / \partial L = P_L - \lambda (\partial Q(L, K, VD) / \partial L) = P_L - e^{\beta_0} h(X, \alpha) \beta_1 L^{\beta_1 - 1} K^{\beta_2} VD^{\beta_3} = 0$$

$$\partial \mathcal{L} / \partial L = P_L - M \beta_1 L^{\beta_1 - 1} K^{\beta_2} VD^{\beta_3} = 0, \quad M = e^{\beta_0} h(X, \alpha) \quad (19)$$

$$\partial \mathcal{L} / \partial K = P_K - M \beta_2 L^{\beta_1} K^{\beta_2 - 1} VD^{\beta_3} = 0 \quad (20)$$

$$\partial \mathcal{L} / \partial VD = P_V - M \beta_3 L^{\beta_1} K^{\beta_2} VD^{\beta_3 - 1} = 0 \quad (21)$$

$$\partial \mathcal{L} / \partial \lambda = q - Q(L, K, VD) = q - M L^{\beta_1} K^{\beta_2} VD^{\beta_3} = 0 \quad (22)$$

Dividiendo (20) entre (19)

$$P_K / P_L = \frac{M \beta_2 L^{\beta_1} K^{\beta_2 - 1} VD^{\beta_3}}{M \beta_1 L^{\beta_1 - 1} K^{\beta_2} VD^{\beta_3}} = \frac{\beta_2 L}{\beta_1 K}$$

Resolviendo para L

$$L = \frac{P_K \beta_1}{P_L \beta_2} K \quad (23)$$

Dividiendo (21) entre (20)

$$P_{VD} / P_K = \frac{M \beta_3 L^{\beta_1} K^{\beta_2} VD^{\beta_3 - 1}}{M \beta_2 L^{\beta_1} K^{\beta_2 - 1} VD^{\beta_3}} = \frac{\beta_3 K}{\beta_2 VD}$$

Resolviendo para K

$$K = \frac{P_V \beta_2}{P_K \beta_3} V \quad (24)$$

Sustituyendo (24) en (23) para obtener L

$$L = \frac{P_K}{P_L} \frac{\beta_1}{\beta_2} \frac{P_{VD}}{P_K} \frac{\beta_2}{\beta_3} V = \frac{P_V}{P_L} \frac{\beta_1}{\beta_3} VD \quad (25)$$

$$q - M \left(\frac{P_{VD}}{P_L} \frac{\beta_1}{\beta_3} VD \right)^{\beta_1} \left(\frac{P_{VD}}{P_K} \frac{\beta_2}{\beta_3} VD \right)^{\beta_2} V^{\beta_3} = q - M \left(\frac{P_{VD}}{P_L} \frac{\beta_1}{\beta_3} VD \right)^{\beta_1} \left(\frac{P_{VD}}{P_K} \frac{\beta_2}{\beta_3} VD \right)^{\beta_2} VD^{\beta_3} = 0$$

$$q - M \left(\frac{P_{VD}}{P_L} \frac{\beta_1}{\beta_3} \right)^{\beta_1} \left(\frac{P_{VD}}{P_K} \frac{\beta_2}{\beta_3} \right)^{\beta_2} VD^{\beta_1} VD^{\beta_2} VD^{\beta_3} = 0$$

$$VD = [q \left(\frac{\left(\frac{P_{VD}}{P_L} \frac{\beta_1}{\beta_3} \right)^{-\beta_1} \left(\frac{P_{VD}}{P_K} \frac{\beta_2}{\beta_3} \right)^{-\beta_2}}{M} \right)^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}}]$$

$$VD = \left(\frac{q}{M} \right)^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}} \left(\frac{P_L}{P_{VD}} \frac{\beta_2}{\beta_1} \right)^{\frac{\beta_1}{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}} \left(\frac{P_K}{P_{VD}} \frac{\beta_3}{\beta_2} \right)^{\frac{\beta_2}{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}} \quad (26)$$

Sustituyendo Ecuaciones (24), (25) y (26) en ecuación (17) se obtiene

$$\begin{aligned} C(P_L, P_K, P_V, q) &= \min P_L L + P_K K + P_{VD} VD \\ &= P_L \left(\frac{P_K}{P_L} \frac{\beta_1}{\beta_2} \frac{P_{VD}}{P_K} \frac{\beta_2}{\beta_3} \left(\frac{q}{M} \right)^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}} \left(\frac{P_L}{P_{VD}} \frac{\beta_2}{\beta_1} \right)^{\frac{\beta_1}{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}} \left(\frac{P_K}{P_{VD}} \frac{\beta_3}{\beta_2} \right)^{\frac{\beta_2}{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}} \right) + \\ &\quad P_K \left(\frac{P_{VD}}{P_K} \frac{\beta_2}{\beta_3} \left(\frac{q}{M} \right)^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}} \left(\frac{P_L}{P_{VD}} \frac{\beta_2}{\beta_1} \right)^{\frac{\beta_1}{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}} \left(\frac{P_K}{P_{VD}} \frac{\beta_3}{\beta_2} \right)^{\frac{\beta_2}{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}} \right) + \\ &\quad P_{VD} \left(\left(\frac{q}{M} \right)^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}} \left(\frac{P_L}{P_{VD}} \frac{\beta_2}{\beta_1} \right)^{\frac{\beta_1}{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}} \left(\frac{P_K}{P_{VD}} \frac{\beta_3}{\beta_2} \right)^{\frac{\beta_2}{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}} \right) \\ \text{Sea } \theta &= \left(\frac{q}{M} \right)^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}} \left(\frac{P_L}{P_{VD}} \frac{\beta_2}{\beta_1} \right)^{\frac{\beta_1}{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}} \left(\frac{P_K}{P_{VD}} \frac{\beta_3}{\beta_2} \right)^{\frac{\beta_2}{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}} \end{aligned}$$

Entonces, la función de costo mínimo para tres factores de producción es dada por la ecuación (11)

$$C(P_L, P_K, P_{VD}, q) = \frac{q}{M} \theta \left(P_{VD} \frac{\beta_1}{\beta_3} \right) + P_{VD} \left(\frac{\beta_2}{\beta_3} \right) + P_K \quad (27)$$

Donde:

$$\left(\frac{q}{M} \right)^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}} = \text{Función de } q.$$

$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 =$ Medida de los rendimientos a escala.

Si $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 1$, la ecuación (27) representa la función de costo para tres factores de producción.

Costo marginal y costo medio

Dividiendo los costos totales (Ecuación 15) entre las unidades producidas (Ecuación 1) se determina la función de costo medio (CMe) y la función de Costo Marginal (CMg) equivale al costo extra de una unidad de producto para dos factores de producción. (Mas-Colell et al, 1995).

$$CMe = \frac{C(P_L, P_K, q)}{q} = q^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2} - 1} \theta \phi(P_L, P_K) \quad (28)$$

$$CMg = \frac{\partial}{\partial q} C(P_L, P_K, q) = \left(\frac{1}{\beta_1 + \beta_2} \right) q^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2} - 1} \theta \phi(P_L, P_K) \quad (29)$$

Cuando existen rendimientos constantes a escala ($\beta_1 + \beta_2 = 1$) el CMg y el CMe son iguales, entonces

$$CMg = \theta \phi(P_L, P_K) \quad (30)$$

$$CMe = \theta \phi(P_L, P_K) \quad (31)$$

Maximización de la ganancia

La ecuación (23) representa la condición de maximización de la ganancia empleando el ingreso bruto y el costo mínimo (Ecuación 21)

$$Max \Pi = (P_q, P_L, P_K, q) = P_q q - C(P_L, P_K, q) = P_q q - q^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2}} \Theta \phi(P_L, P_K) \quad (23)$$

La condición de primer orden es:

$$\frac{\partial \Pi}{\partial q} = P_q - \left(\frac{1}{\beta_1 + \beta_2} \right) q^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2} - 1} \Theta \phi(P_L, P_K) = 0 \quad (24)$$

Empleando una función de costo marginal (Cmg)

$$P_q - Cmg = 0$$

$$P_q = Cmg = \left(\frac{1}{\beta_1 + \beta_2} \right) q^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2} - 1} \Theta \phi(P_L, P_K)$$

$$\text{Por lo tanto, } q' = [P_q (\beta_1 + \beta_2) \left(\frac{1}{\Theta \phi(P_L, P_K)} \right)]^{-\frac{1}{\beta_1 + \beta_2}} \quad (25)$$

La condición de segundo orden es

$$\frac{\partial^2 \Pi}{\partial q^2} = \left(\frac{1}{\beta_1 + \beta_2} - 1 \right) \left(\frac{1}{\beta_1 + \beta_2} \right) q^{\frac{1}{\beta_1 + \beta_2} - 2} \Theta \phi(P_L, P_K) \leq 0 \quad (26)$$

Si y solo si, $0 < \beta_1 + \beta_2 \leq 1$ por lo que se requieren rendimientos decrecientes o constantes a escala. No obstante, con $\beta_1 + \beta_2 = 1$, q no aparece en la condición de primer orden (Ecuación 24) y no es posible determinar la cantidad q que maximiza la ganancia. Por lo tanto, se emplea la función de costo media para determinar el q óptimo (Ecuación 25).

Funciones de costos

Las Ecuaciones (31), (32) y (33) representan las funciones para el costo mínimo, el costo medio (Ecuaciones 34, 35 y 36) y el costo marginal (Ecuaciones 37, 38 y 39), para los modelos I, II y III, respectivamente.

$$C_I (P_L, P_K, q) = q \ominus P_L^{0.690} P_K^{0.795} \quad (31)$$

$$C_{II} (P_L, P_K, q) = q \ominus P_L^{0.475} P_K^{0.442} \quad (32)$$

$$C_{III} (P_L, P_K, q) = q \ominus P_L^{0.320} P_K^{0.252} \quad (33)$$

$$CMe_I = \frac{C(P_L, P_K, q)}{q} = q^{\frac{1}{0.690+0.795}-1} \ominus \phi(P_L, P_K) \quad (34)$$

$$CMe_{II} = \frac{C(P_L, P_K, q)}{q} = q^{\frac{1}{0.475+0.320}-1} \ominus \phi(P_L, P_K) \quad (35)$$

$$CMe_{III} = \frac{C(P_L, P_K, q)}{q} = q^{\frac{1}{0.442+0.252}-1} \ominus \phi(P_L, P_K) \quad (36)$$

$$CMg_I = \frac{\partial}{\partial q} C(P_L, P_K, q) = \left(\frac{1}{0.690+0.795} \right) q^{\frac{1}{0.690+0.795}-1} \ominus \phi(P_L, P_K) \quad (37)$$

$$CMg_{II} = \frac{\partial}{\partial q} C(P_L, P_K, q) = \left(\frac{1}{0.475+0.320} \right) q^{\frac{1}{0.475+0.320}-1} \ominus \phi(P_L, P_K) \quad (38)$$

$$CMg_{III} = \frac{\partial}{\partial q} C(P_L, P_K, q) = \left(\frac{1}{0.442+0.252} \right) q^{\frac{1}{0.442+0.252}-1} \ominus \phi(P_L, P_K) \quad (39)$$

Funciones de Ingresos netos

Las Ecuaciones (40), (41) y (42) definen la función de ingreso neto (Π) para los modelos I, II y III, respectivamente.

$$Max \Pi_I = (P_q, P_L, P_K, q) = P_q q - q^{\frac{1}{0.690+0.795}} \ominus \phi(P_L, P_K) \quad (40)$$

$$Max \Pi_{II} = (P_q, P_L, P_K, q) = P_q q - q^{\frac{1}{0.475+0.320}} \ominus \phi(P_L, P_K) \quad (41)$$

$$Max \Pi_{III} = (P_q, P_L, P_K, q) = P_q q - q^{\frac{1}{0.442+0.252}} \ominus \phi(P_L, P_K) \quad (42)$$