



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO
ADMINISTRATIVAS

DOCTORADO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA

**ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE MERCADO
DE LA COPRA EN MÉXICO**

Presentada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

Presenta:

EDGAR RICARDO LAGUNES FORTIZ

Bajo la supervisión de: ALMA ALICIA GÓMEZ GÓMEZ, DOCTORA



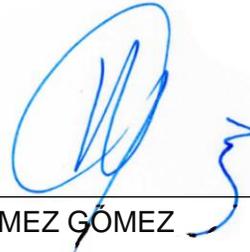
Chapingo, Estado de México, octubre de 2020

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE MERCADO DE LA COPRA EN MÉXICO

Tesis realizada por Edgar Ricardo Lagunes Fortiz, 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

DIRECTORA:



DRA. ALMA ALICIA GÓMEZ GÓMEZ

ASESOR:



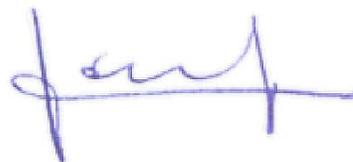
DR. JUAN ANTONIO LEOS RODRÍGUEZ

ASESOR:



DR. JOSÉ MIGUEL OMAÑA SILVESTRE

LECTOR
EXTERNO:



DR. JOSÉ LUIS ROMO LOZANO

CONTENIDO

1. INTRODUCCION GENERAL	1
1.1. Introducción	1
1.2. Importancia del estudio.....	2
1.3. Antecedentes.....	3
1.4. Justificación	4
1.5. Hipótesis	5
1.6. Objetivos de la investigación	5
1.7. Objetivos secundarios.....	5
2. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1. Sobre el mercado de copra y aceite de coco.....	6
2.2. Sobre los modelos de mercado	8
3. ANÁLISIS DEL MERCADO DE COPRA	10
3.1. Situación del mercado mundial de copra.....	10
3.2. Producción mundial de coco.....	10
3.3. Exportaciones mundiales de coco	12
3.4. Importaciones mundiales de coco	14
3.5. Historia de la producción de copra en México	16
3.5.1. Tendencia producción nacional de copra.....	18
3.5.2. Superficie cultivada de copra en México	19
3.5.3. Rendimientos de la copra en México	21
3.5.4. Precio de venta de la copra en México	22
3.6. Productores de copra: tipos de productores basados en el grado y propósito de la inversión.....	23
3.6.1. Producción de copra bajo un esquema tradicional.....	24
3.6.2. Producción de copra bajo un esquema intensivo	26
3.6.3. Producción de copra bajo un esquema orgánico	27

4.	ANÁLISIS DEL MERCADO DEL ACEITE DE COCO	28
4.1.	Tendencia de la producción mundial del aceite de coco	29
4.2.	Principales países exportadores de aceite de coco	30
4.3.	Principales países importadores de aceite de coco	31
5.	MARCO TEÓRICO.....	32
5.1.	Criterios de tipología	32
5.2.	Tipología de productores de copra	33
5.3.	Colecta de la Información	34
5.4.	Definición de ganancia económica	35
5.5.	Teoría de optimización.....	36
5.5.1.	Concepto de óptimo	37
5.5.2.	Planteamiento del problema de programación matemática	38
5.5.3.	Resolución del problema de programación matemática con restricciones	39
5.5.4.	Planteamiento teórico del problema de transporte	39
6.	METODOLOGÍA Y APLICACIÓN DEL MODELO	41
6.1.	Formulación del modelo.....	41
6.2.	Modelo de equilibrio espacial para maximizar la ganancia del mercado de copra y aceite de coco	43
6.3.	Datos y fuentes de información	46
6.3.1.	Rendimientos, producción, costos de producción y precios al productor de copra.	46
6.3.2.	Producción, costos de producción y precios al productor de aceite de coco	52
6.3.3.	Demanda estatal de aceite de coco	54
6.3.4.	Precios y cantidades de las importaciones de aceite de coco	56
6.3.5.	Costos de transporte	56
7.	RESULTADOS DE LOS ESCENARIOS DEL MODELO	58
7.1.	Modelo base – copra	60
7.2.	Modelo base - aceite de coco	61

7.3.	Incremento demanda de aceite de coco 10% - copra.....	62
7.4.	Incremento demanda de aceite de coco 10% - aceite de coco.....	63
7.5.	Incremento 10% capacidad productiva de la industria – copra.....	64
7.6.	Incremento 10% capacidad productiva de la industria – aceite de coco	65
7.7.	Ganancia total del mercado de copra y aceite de coco	66
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
8.1.	Conclusiones	66
8.2.	Recomendaciones	67
	LITERATURA CITADA	68
	APÉNDICES	i

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Tipología de productores basados en el grado y propósito de la inversión.	24
Cuadro 2 Proyección de costos de una hectárea de copra, bajo un esquema de producción tradicional.	25
Cuadro 3 Proyección de costos de una hectárea de copra, bajo un esquema de producción intensivo.	26
Cuadro 4 Proyección de costos de una hectárea de copra, bajo un esquema de producción orgánico.	27
Cuadro 5 Rendimientos por hectárea de copra bajo distintos tipos de producción.	48
Cuadro 6 Producción de copra por región productiva en toneladas.	49
Cuadro 7 Costos de producción de copra bajo distintas tecnologías en pesos por tonelada.	50
Cuadro 8 Precio de la copra en los estados o regiones productivas (pesos por tonelada).	51
Cuadro 9 Coeficientes de transformación para distintos productos derivados de coco.	52
Cuadro 10 Consumo regional de aceite de coco, población en personas y consumo en toneladas.	55
Cuadro 11 Resultados del modelo base para el mercado de copra, envíos y sobrantes en toneladas, ganancias en millones de pesos.	59
Cuadro 12 Resultados del modelo base para el mercado de aceite de coco, envíos en toneladas, ganancias en millones de pesos.	60
Cuadro 13 Resultados del modelo con un incremento en 10% de la demanda para el mercado de copra, envíos y sobrantes en toneladas, ganancias en millones de pesos.	61
Cuadro 14 Resultados del modelo con un incremento en 10% de la demanda para el mercado de aceite de coco, envíos en toneladas, ganancias en millones de pesos.	62

Cuadro 15 Resultados del modelo con un incremento en 10% de la capacidad productiva para el mercado de copra, envíos y sobrantes en toneladas, ganancias en millones de pesos.	63
Cuadro 16 Resultados del modelo con un incremento en 10% de la capacidad productiva para el mercado de aceite de coco, envíos en toneladas, ganancias en millones de pesos.	64
Cuadro 17 Ganancia total del mercado de copra y aceite de coco, millones de pesos.	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Producción mundial de coco, miles de toneladas periodo 2010-2018. 11	
Figura 2 Principales países productores de coco en el año 2018.....	12
Figura 3 Exportaciones mundiales de copra, miles de toneladas periodo 2010-2018.....	13
Figura 4 Principales países exportadores de coco en el año 2018.Fuente: Elaboración propia con información de FAOSTAT (2020).	14
Figura 5 Importaciones mundiales de coco, miles de toneladas periodo 2010-2018.....	15
Figura 6 Principales países importadores de coco en el año 2018.....	16
Figura 7 Cadena productiva de la palma de coco.....	18
Figura 8 Producción nacional de copra en miles de toneladas.	19
Figura 9 Superficie nacional de copra, miles de hectáreas.....	20
Figura 10 Rendimiento estatal de copra, toneladas por hectárea.....	22
Figura 11 Precio nacional de copra, pesos reales por tonelada.	23
Figura 12 Producción mundial de aceite de coco, miles de toneladas, periodo 2010-2019.....	29
Figura 13 Exportaciones mundiales de aceite de coco, miles de toneladas, periodo 2010-2018.....	31

Figura 14 Importaciones mundiales de aceite coco, miles de toneladas, periodo 2010-2018.....	32
Figura 15 Clasificación de los problemas de optimización estática.	37
Figura 16 Proceso de producción de aceite de coco.	53

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice 1 Matrices de costos de transporte de copra, y aceite de coco en pesos por tonelada.....	i
Apéndice 2 Diagrama de flujo para los escenarios planteados.	iii

DEDICATORIAS

A mis padres por impulsarme, creer en mí, apoyarme y cuidarme.

A mis hermanos por sus consejos, motivaciones y ejemplo.

A mi familia por su tiempo y apoyo.

A la michi por animarme con su compañía.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional De Ciencia Y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico brindado durante la realización de mis estudios.

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Posgrado de División de Ciencias Económico Administrativas por brindarme la oportunidad de realizar el doctorado.

A la Dra. Alma Alicia Gómez Gómez mi directora de tesis y mis asesores el Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez y el Dr. José Miguel Omaña Silvestre por sus consejos, contribución y tiempo para colaborar conmigo en este proyecto de investigación.

A los profesores del posgrado de la DICEA y el Colegio de Postgraduados que contribuyeron en mi formación académica.

A mis compañeros y amigos de posgrado.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre	Edgar Ricardo Lagunes Fortiz
Fecha de nacimiento	13 de agosto de 1990
Lugar de nacimiento	Texcoco, Estado de México
No. Cartilla militar	D-0145742
CURP	LAFE900813HMCGRD08
Profesión	Estudiante
Cedula profesional licenciatura	12050718-C1
Cedula profesional maestría	12086883-C1

Desarrollo Académico

Bachillerato	Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo.
Licenciatura	Licenciatura en Economía Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo.
Maestría	Maestría En Ciencias En Socioeconomía, Estadística E Informática-Economía, Colegio de Postgraduados.

RESUMEN GENERAL

Análisis De La Estructura De Mercado De La Copra En México

En México la palma de coco (*Cocos nucifera L.*) se considera de gran importancia económica y social, debido al número de productores e industrias que dependen de ella; el principal producto que se obtiene de este cultivo es el aceite de coco, que se elabora a partir del endospermo seco de la semilla llamado copra. Sin embargo, factores como: la avanzada edad de las palmas, baja inversión, plagas y enfermedades, han disminuido la producción nacional, poniendo en riesgo la cadena de valor. El presente trabajo desarrollado durante el periodo 2016/2020, tuvo como objetivo analizar las ganancias del sector productor de copra y la industria aceitera nacional, y medir el impacto económico de implantar distintos tipos de producción derivados del grado de inversión que pueden realizar los productores de copra: real, tradicional, intensiva y orgánica. Se formuló un modelo de programación lineal el cual pretende maximizar la ganancia de los productores de copra y la industria aceitera de manera simultánea, y se plantearon tres posibles escenarios para cada tipo de producción: en el primero la oferta y demanda reflejaron las condiciones reales del mercado; en el segundo la demanda de aceite de coco aumentó un 10%; y en el tercero se incrementó la capacidad productiva de aceite de coco. Los resultados indican que incrementar la producción de copra sin considerar la capacidad de la industria aceitera, tiene un impacto negativo para la mayoría de productores, debido al aumento en los costos de producción y la creación de un excedente de copra, el cual provocaría una caída en el precio del mismo.

Palabras Clave: Modelo de Equilibrio Espacial, Maximización de ganancias, planeación de producción.

Tesis de Doctorado en Ciencias, Doctorado en Ciencias en Economía Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: Edgar Ricardo Lagunes Fortiz

Director de Tesis: Dra. Alma Alicia Gómez Gómez

GENERAL ABSTRACT

An Analysis of Copra Market Structure in Mexico

In Mexico, the coconut palm (*Cocos nucifera* L.) is considered of great economic and social importance, due to the number of producers and industries that depend on it. The main product obtained from this crop is coconut oil, which is made from the dry endosperm of the seed called copra. However, factors such as the advanced age of the palms, low investment, pests, and diseases, have reduced the national production, putting the value chain at risk. The present work developed from 2016 to 2020 period, aimed to analyze the profits of the copra producing sector and the national oil industry, and measure the economic impact of implementing different types of production derived from the amount of investment that producers of copra can make: real, traditional, intensive, and organic. A linear programming model was formulated which seeks to maximize the profit of copra producers and the oil industry simultaneously was formulated, and three possible scenarios were proposed: in the first, supply and demand reflected the real conditions of the market; in the second, the demand for coconut oil increased by 10%; and in the third, the production capacity of coconut oil was increased. The results indicate that increasing copra production without considering the capacity of the oil industry has a negative impact for most producers, due to the increase in production costs and the creation of a copra surplus, which would cause a fall in its price.

Keywords: Spatial equilibrium Model, Profit Maximization, Production Planning.

Thesis, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Edgar Ricardo Lagunes Fortiz
Advisor: Dra. Alma Alicia Gómez Gómez

AVREVIATURAS UTILIZADAS

SIGLAS	Significado
COECOCO A.C.	Consejo Estatal De Coco De Colima
CONACOCO	Consejo Nacional del Coco
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CRE	Comisión Reguladora de Energía
FAO	Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
FAOSTAT	Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database
FAS	Foreign Agricultural Service (Servicio Agrícola Extranjero)
FORDECYT	Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación
INEGI	Instituto Nacional De Estadística Y Geografía
INIFAP	Instituto Nacional De Investigaciones Forestales Agrícolas Y Pecuarias
OCDE	La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
SADER	Secretaria De Agricultura Y Desarrollo Rural
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SCT	Secretaría de Comunicaciones y transportes
SIAP	Servicio De Información Agroalimentaria Y Pesquera
SIAVI	Sistema De Información Arancelaria Vía Internet
SNIIM	Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados
SOMEXPRO	Sociedad Mexicana De Producción Orgánica A.C.
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
T-MEC	El Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá
TPP	Trans-Pacific Partnership (Acuerdo Transpacífico de Cooperación Económica)
USDA	United States Department Of Agriculture (Departamento De Agricultura De Los Estados Unidos)

1. INTRODUCCION GENERAL

1.1. Introducción

En el capítulo 1 se establece la importancia del sector productor de copra a nivel nacional, también se plantea la problemática a la que se enfrenta este sector, se presentan los objetivos e hipótesis de este estudio.

En el Capítulo 2 se presenta un de la revisión de literatura sobre el sector productor de copra y aceite de coco; y sobre los modelos que se han utilizado para analizar mercados agrícolas, la bibliografía que se expone es la más relevante que fue utilizada para la elaboración de este estudio.

En el capítulo 3 se describe la situación actual de la producción de copra, empezando con la historia de la producción de copra en México, la tendencia de la producción, haciendo un breve análisis de la superficie cosechada, los rendimientos por hectárea y el precio de venta a nivel nacional, finalizando con una descripción de las características bajo las tres modalidades de producción analizadas en este estudio.

En el capítulo 4 se hace un breve análisis de la situación del mercado del aceite de coco, la tendencia de la producción, consumo y comercialización primero a nivel mundial, y posteriormente a nivel nacional.

En el capítulo 5 se desarrollan los conceptos relacionados al mercado teórico, es decir todas aquellas teorías, estudios y conceptos, de las que se apoyó este estudio para analizar el mercado de copra y aceite de coco, también se describe la metodología usada para segmentar a los productores en base al nivel de inversión que estos tienen.

El capítulo 6 aborda algunos estudios que sirvieron de parámetro para elaborar el modelo de este trabajo. También se describe a fondo el modelo matemático utilizado para maximizar de la ganancia un mercado de copra y aceite de coco, y como este se ajustó para que pudiera analizar ambos mercados en conjunto y bajo distintas formas de producción de copra; siguiendo con la descripción de todas las fuentes de información usadas para alimentar el modelo matemático.

En el capítulo 7 se presentan los resultados obtenidos para los distintos escenarios propuestos, se presenta un análisis de los resultados en cada caso y una comparación final entre ellos.

Finalmente, en el capítulo 8 se concluye cuáles son los conocimientos obtenidos de este estudio, se analiza si se cumplieron con los objetivos del estudio, se confirma si la hipótesis resultó ser correcta o errónea, y se dan algunas recomendaciones de política o acciones para mejorar la situación de los productores de copra a nivel nacional.

1.2. Importancia del estudio

Este estudio se realizó con el fin de analizar ambos mercados en conjunto su interdependencia, y dar recomendaciones a los agentes económicos privados y públicos (FORDECYT, 2018) que ayuden a la toma de decisiones para incrementar sus ganancias, utilizando información referente a posibles escenarios a los que se podrían enfrentar los productores de copra y aceite de coco.

De igual manera, observando la importancia que han tenido las políticas de modernización en el cultivo de palma de coco, se consideró el impacto que tendría en los mercados el uso de las principales tecnologías propuestas siendo

estas: tradicional, intensiva y orgánica, evaluando si estas tienen un impacto positivo en la economía de los productores.

1.3. Antecedentes

La copra es un producto agrícola que se obtiene del fruto de la palma de coco, a partir de la industrialización de esta se elaboran una gran cantidad de productos agroindustriales como: el coco seco utilizado para elaborar dulces; en la industria se usa como materia prima para la elaboración de aceite de coco; y la harina de coco utilizada en la ganadería como alimento y en la agricultura como abono orgánico. Debido a esto la palma de coco ha sido llamada "el árbol de los mil y un usos", o el "árbol de la vida" por distintas culturas (Ohler, 1984), (Chan & Elevitch, 2006).

Sin embargo, el cultivo de copra se encuentra afectado por distintos factores como la avanzada edad de las palmas, la falta de inversión y el estancamiento del campo mexicano (CONACOCO, 2020), y el ataque de distintos agentes como virus (Rodhe, Randles, Langridge, & Hanold, 1990), hongos (Joseph & Radha, 1975) y fitoplasmas que provocan enfermedades como el amarillamiento letal del coco (Howard & Barrant, 1989), los cuales afectan su rendimiento, e incluso pueden resultar en la muerte de la palma.

México se encuentra dentro los principales productores de coco, y de aceite de coco, el principal subproducto que se obtiene de la industrialización de copra (FAO, 2020), por lo que establecer políticas que ayuden a mejorar la situación de los productores ha sido de gran interés para distintos organismos públicos y privados. La producción se concentra en los estados de Guerrero y Tabasco (SIAP, 2020), mientras que la industria productora de aceite de coco en los estados de Colima, Jalisco y el Estado de México (INEGI, 2020), por lo que de no atender la situación actual, se verían afectados los agentes involucrados en estas actividades.

1.4. Justificación

La teoría económica, principalmente la teoría de la empresa, describe la ganancia como el objetivo principal que persiguen la mayoría de las empresas (Bueno Campos & Cruz Roche, 2000), sin embargo, como en el caso del mercado de copra y aceite de coco mexicano, existen condiciones que impiden a los agentes económicos maximizar dicha medida.

Durante los últimos años plagas, enfermedades y plantaciones viejas han llevado a una crisis en la producción de copra obligando a muchos productores a cambiar de actividad o sobrevivir con plantaciones que presentan un rendimiento muy bajo; la industria de aceite de coco también se ha visto afectada por dicha caída en la producción, al igual que otros factores como: la apertura comercial que ha perimido la entrada de muchos competidores; incertidumbre en la calidad y origen de la copra; y a sus propios límites en la capacidad de industrialización de copra. Poniendo en peligro cerca de 240,000 empleos al año (CONACOCO, 2020), sin contar los empleos indirectos que dependen de estas actividades económicas.

En los últimos años distintos organismos han intentado crear políticas que tengan como objetivo ayudar a los agentes económicos antes descritos, sin embargo, estos consideran ambos mercados por separado, o bien tienen como objetivo el incremento de la producción de copra sin considerar a la industria, como el llamado “Programa Estratégico para impulsar la Cadena de Valor del Cocotero”, por lo que los resultados de estos no ha sido el esperado.

En conjunto, los problemas mencionados crean tres retos que el sector productor de coco no ha sido capaz de superar: la falta de un modelo del sistema de coco que considere a todos los agentes involucrados en su producción y transformación, la cantidad limitada de empresas relacionadas a cada eslabón de la cadena productiva, que en muchos casos son obsoletas, y la falta de

tecnología necesaria para mejorar la competitividad del cocotero mexicano en su conjunto (Rogelio, 2006).

Por lo anterior se vuelve necesario realizar un estudio que considere ambos mercados en conjunto, el cual intente analizar cómo funcionan en conjunto, ya que hasta el momento no se encuentra disponible un estudio que analice y cuantifique los impactos de las políticas de modernización en las plantaciones de copra y como estas impactan a las industrias de aceite.

1.5. Hipótesis

Debido a que los productores de copra no se involucran en la elaboración de aceite de coco, y dadas las limitaciones en la capacidad instalada de la industria mexicana de aceite de coco, el mercado nacional es incapaz de satisfacer su demanda interna, reduciendo las ganancias potenciales de ambos agentes.

1.6. Objetivos de la investigación

El objetivo central de la investigación fue analizar el mercado nacional de copra y aceite de coco en conjunto, y determinar cuáles son las regiones productoras de copra más vulnerables ante distintos escenarios.

1.7. Objetivos secundarios

- Analizar como los niveles de inversión en la producción de copra pueden afectar el mercado de copra y aceite de coco.

- Determinar si existe una política que ayude a disminuir o eliminar la necesidad de importar aceite de coco.
- Comparar la eficiencia de distintas políticas en el mercado de copra y aceite de coco.
- Dar recomendaciones que permitan mejorar la situación de los productores de copra.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Sobre el mercado de copra y aceite de coco

A raíz de la problemática que atraviesa el cultivo de copra, la importancia económica y social que tiene este cultivo, y los diversos usos que este puede tener para muchas industrias, diversos estudios se han realizado alrededor de este:

La cadena productiva de palma de coco cuenta con diversos agentes involucrados en la producción, transformación y comercialización de los distintos productos que se pueden obtener a partir de la industrialización de este cultivo, entre los principales podemos destacar: los viveros; los productores primarios, donde se incluyen aquellos con superficies muy reducidas (menores a 5 hectáreas la mayoría) y otros con superficies cercanas a las 200 hectáreas; los patios o peladeros de secado; la industria de fibra y sustratos; la industria de aceite de copra; las embotelladoras de agua de coco; la industria procesadora de pulpa; la industria de dulces artesanales; la industria de la madera; y los agentes dedicados a la venta de coco como fruta (Granados-Sánchez & López-Ríos, 2002).

En el año 2017 el gobierno de México en conjunto a la SAGARPA (ahora llamada SADER), realizaron un estudio para determinar el futuro al que podría enfrentarse

el cultivo de palma de coco (SAGARPA, 2020), el mismo indica que durante el periodo 2003-2016 la producción atravesó por una caída producto de la reducción en las hectáreas dedicadas a este cultivo, sin embargo se registró un incremento en el rendimiento de un 20%, mientras que la producción de copra es suficiente para satisfacer de demanda de la industria, se requieren de importaciones de aceite de coco para cubrir las necesidades de la población, importaciones que podrían crecer si tomamos en cuenta que la demanda de aceite se ha incrementado en varios países incluyendo a los integrantes del TLCAN (ahora llamado T-MEC), y el TPP.

Las principales estrategias de acción para lograr incentivar el cultivo de palma de coco, han sido: impulsar el repoblamiento de las zonas productoras con variedades resistentes a enfermedades y con una productividad mayor a las palmas tradicionales; campañas fitosanitarias para combatir los plagas como el ácaro rojo, o el picudo negro; creación y expansión de viveros; capacitación de técnicos especializados en palma de coco en conjunto con la generación de paquetes tecnológicos; impulsar el consumo de coco fruta, copra y sus subproductos; y promover la creación de cooperativas para la compra de insumos y propiciar las economías de escala (SAGARPA, 2020).

En este marco se creó el llamado “Programa Estratégico para impulsar la Cadena de Valor del Cocotero”, con el cual se asignó un monto de \$500,000,000 a diversos agentes, con el objeto de impulsar la productividad en el cultivo de palma de coco en distintos estados de la República Mexicana (SEGOB, 2016), enfocadas a promover: la creación de sistemas de producción más competitivos; la diversificación en el uso de la copra, ya que durante muchos años la estructura se enfocó a la producción de copra para convertirla en aceite, mercado que se vio afectado con la apertura comercial que permitió la entrada de aceites de otras plantas oleaginosas y grasas vegetales; y la integración de la cadena productiva, así como del mercado (CONACOCO, 2020).

De acuerdo con fuentes históricas (Harries, 1978), el aceite del coco fue el primer sustituto de la grasa animal, sin embargo, en la actualidad su uso ha disminuido

debido al consumo de otros aceites. De acuerdo con la COECOCO, un estudio realizado en el 2011 a nivel mundial la mayor parte de la producción de aceite de origen vegetal proviene de cuatro cultivos: la palma aceitera (33%), la soya (27%), la canola (16%), y el coco (2%).

El aceite de coco tiene distintos usos, siendo el principal el consumo humano como producto de cocina, sin embargo, este también ha demostrado tener potencial para ser utilizado para la elaboración de biocombustible (Sánchez Dóminguez, 2016) y la obtención de glicerol el cual es un alcohol con una gran cantidad de usos para las industrias cosméticas y textiles (Barrientos Garcia, Iniesta Lopez, Morales Carrillo, Torres Hernandez, & Villalva Bravo, 1995).

Se contempla que la demanda de aceite de coco a nivel nacional y mundial podría seguir creciendo (INDEXBOX, 2020), sin embargo, primero se debe incrementar la competitividad de los derivados del coco en comparación con los otros aceites, si bien los consumidores perciben la comida elaborada con aceite de coco como más atractiva, el precio es una variable que aleja a los consumidores de su uso; además que el consumo de este es considerado como estacional, limitado a épocas de calor cuando su consistencia no es tan dura, ya que a diferencia de los demás aceites de origen vegetal este es sólido a temperatura ambiente (Uzcanga Pérez, Camarena Gómez, Cortazar Ríos, & Góngora Pérez, 2015).

2.2. Sobre los modelos de mercado

Los modelos económicos se construyen debido a la necesidad de predecir o cuantificar los efectos que tienen los distintos fenómenos como la aplicación de políticas económicas y comerciales, o los cambios estructurales, en distintas variables económicas como los precios, la producción, el consumo, el ingreso de los productores, o las cantidades comercializadas de manera interna o externa.

Existen distintos tipos de modelos económicos que han sido utilizados para analizar los mercados agrícolas ejemplo de estos son: los modelos de equilibrio parcial, que se utilizan para analizar como el cambio de una variable afecta el equilibrio de un mercado manteniendo las demás variables constantes considerando un solo bien o mercado; los modelos de equilibrio general los cuales consideran todos los bienes o mercados dentro de un sector económico, y buscan analizar como el cambio en alguna variable afecta a todo el sector (Guajardo & Villezca B., 2003).

El presente trabajo toma como base los modelos de equilibrio espacial, los cuales son utilizados para estudiar uno o varios mercados, separados espacialmente, los cuales comercializan un bien homogéneo (Takayama & Judge, 1971), estos modelos pueden ser considerados una extensión de los modelos de transporte usando funciones o cantidades de oferta y demanda para cada región. Como ejemplo del uso de estos para el análisis de mercados agrícolas podemos nombrar el estudio para la evaluación de la integración del limón al mercado mundial (Guajardo & Villezca B., 2003), el estudio para la evaluación de los efectos del TLCAN sobre las exportaciones de tomate mexicano a los Estados Unidos de América (Garcia S. & Williams, 2005). También podemos nombrar el estudio que tuvo como propósito maximizar la ganancia de los productores de melón de la Comarca Lagunera, el cual tuvo como resultado que la mejor política para maximizar la ganancia de los productores de distintos municipios de la región era el ordenamiento temporal de la producción (Hernandez Martínez, y otros, 2006). También podemos nombrar el trabajo utilizado para analizar la distribución de durzано a nivel nacional nacional, el cual concluyó que un incremento de la producción permitiría aumentar la eficiencia del mercado, reduciendo los costos de transporte, incrementando las ganancias potenciales de productores o reduciendo el precio final del producto al consumidor (Gonzalez, 2011), finalmente el trabajo que analizó el mercado de sandia en México con el objetivo de determinar la mejor política para estabilizar el mercado, el cual concluye que el ordenamiento temporal de la producción es la mejor estrategia

para ayudar a los productores a maximizar sus ganancias (García Vásquez, 2010).

3. ANÁLISIS DEL MERCADO DE COPRA

En este capítulo se hace una descripción de la situación actual del cultivo de copra a nivel mundial y nacional, describiendo y analizando las principales variables de producción, precio y comercio; y también se describen los tipos de productor considerados en este trabajo.

3.1. Situación del mercado mundial de copra

El coco es la palma más importante de los trópicos húmedos siendo cultivada en más de 86 países. Resiste las condiciones consideradas marginales para muchos otros cultivos, y su considerable dureza contribuye como factor estabilizador en los sistemas agrícolas de ambientes marginales y frágiles. En total, más de 80 millones de personas dependen directamente del coco y de su procesamiento para su sustento (FAO, 2020); a continuación, se presenta un análisis sobre la producción y comercialización de coco a nivel mundial.

3.2. Producción mundial de coco

La producción mundial de coco durante el periodo 2010-2018 mostró una tendencia creciente, con importantes incrementos en la producción en los años 2011, 2015 y 2017, y caídas en los años 2013 y 2014, durante este periodo de produjeron en promedio 60,877,053.78 toneladas anualmente (Figura 1). Los

principales productores de coco a nivel mundial fueron Indonesia, Filipinas e India, los cuales presentaron una tendencia estable durante el periodo, con una tasa de crecimiento promedio de 1.13%, 0.58% y -0.57% respectivamente, por lo que podemos inferir que los cambios mostrados en la producción mundial fueron consecuencia de variaciones en los países con menos producción, por su parte México se ubicó en el lugar 8 con una producción de 1,147 miles de toneladas anuales en promedio con una tasa de crecimiento promedio de 0.31%, para dicho periodo.

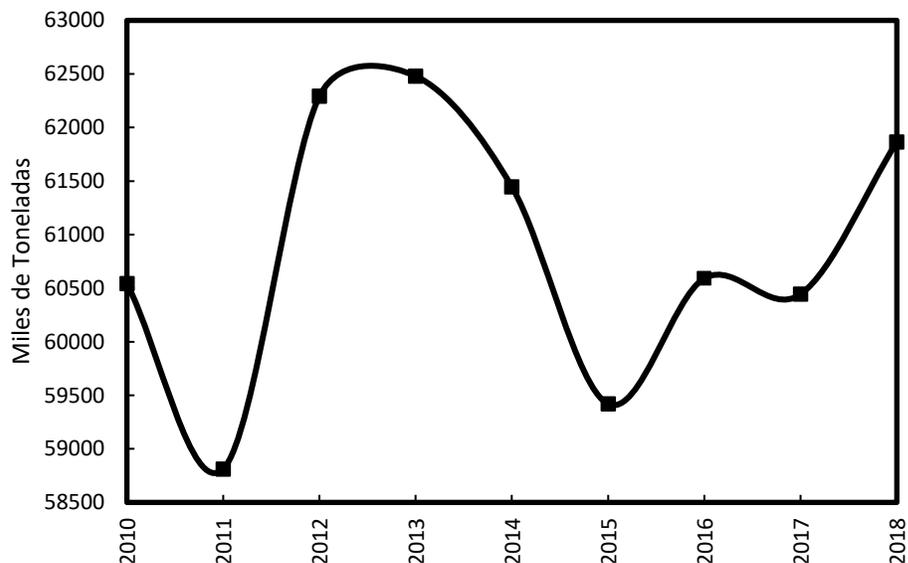


Figura 1 Producción mundial de coco en miles de toneladas periodo 2010-2018.

Fuente: Elaboración propia con información de FAOSTAT (2020).

A nivel mundial la mayor parte de la producción de coco se realizó en Asia con el del 85.6%, seguido de América con un 8.5%, Oceanía 4.6% y África 3.4% (FAOSTAT, 2020). El principal productor de coco durante el periodo 2010-2018, fue Malasia con un 30% de la producción, seguido de Filipinas con un 24% e India con un 19% (Figura 2), estos países presentan similares características geográficas y climatológicas, que les permite dedicar una gran parte de su territorio agrícola a la plantación de palmas. Durante ese periodo México produjo

un 2% quedando un poco atrás de Papua Nueva Guinea, y Vietnam, durante el periodo analizado en este estudio no se mostraron importantes cambios en estos porcentajes de participación para los principales productores, siendo los pequeños los que mostraron cambios debido a fenómenos económicos o climáticos.

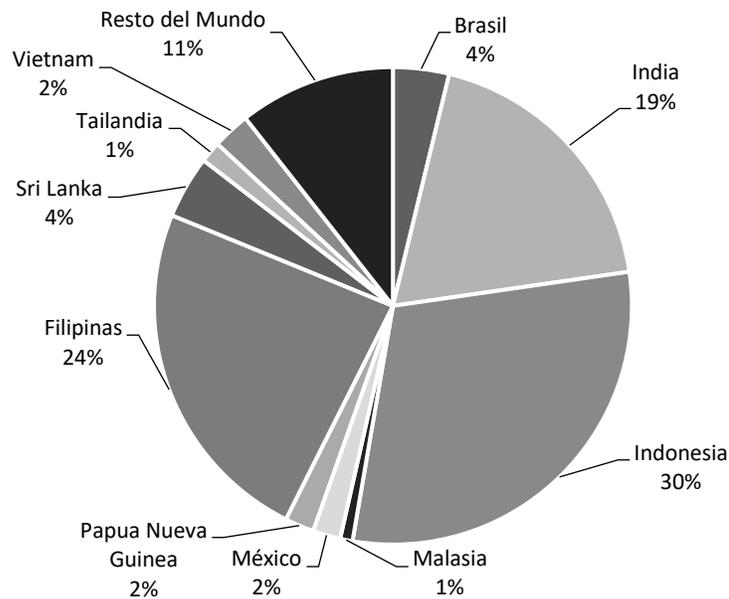


Figura 2 Principales países productores de coco en el año 2018.

Fuente: Elaboración propia con información de FAOSTAT (2020).

3.3. Exportaciones mundiales de coco

La cantidad de coco que es exportada a otros países es muy pequeña en comparación la cantidad producida siendo en promedio un 2% del total, esto se debe principalmente a que el coco es procesado en sus países de origen, y por las medidas sanitarias que dificultan su traslado. Sin embargo, estas han mostrado un crecimiento sostenido durante los últimos años con una tasa de crecimiento anual promedio de 14%. En el año 2010 esta cantidad era

aproximadamente 459 miles de tonelada y para el año 2018 habían alcanzado los 1176 miles de toneladas (Figura 3), esto se debe al crecimiento en las exportaciones que presentó Indonesia, el cual es el principal exportador de coco a nivel mundial, los demás países que contribuyen no han demostrado cambios considerables durante el periodo 2010-2018.

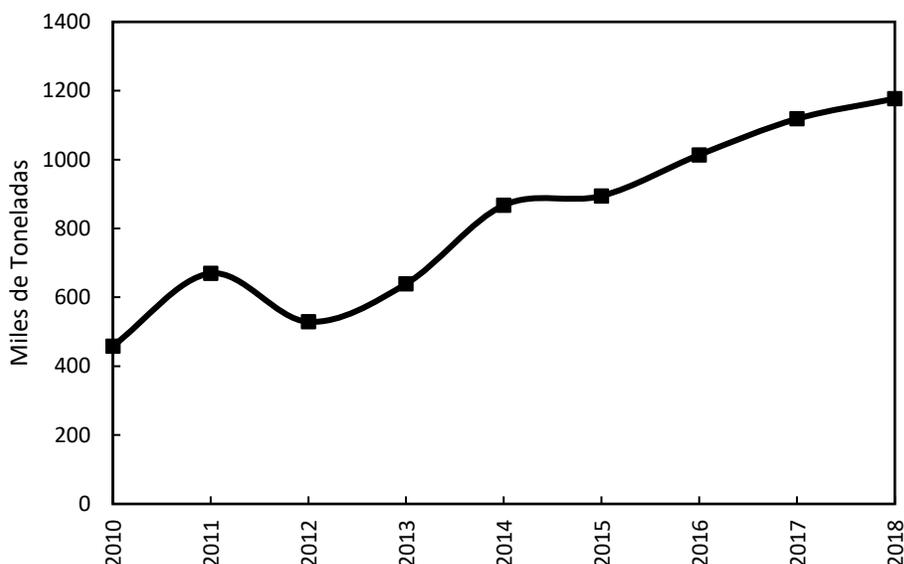


Figura 3 Exportaciones mundiales de copra, miles de toneladas, periodo 2010-2018.

Fuente: Elaboración propia con información de FAOSTAT (2020).

Al igual que la producción de coco las exportaciones en su mayoría provienen de países de Asia, siendo el principal exportador de coco fresco es Indonesia con el 50% del total mundial durante el año 2018, seguido de Vietnam y Tailandia con 14% y 13% respectivamente. Por su parte México exportó 18 mil toneladas en el año 2018 el cual representa aproximadamente 2% del total de exportaciones (Figura 4).

El comercio internacional de productos de coco se divide en tres categorías: el coco fresco, el coco seco y el aceite de coco. Si bien las exportaciones de coco

fresco (1,176,941 toneladas) son mucho mayores en cantidad que las de coco seco (401,347 toneladas), el valor de la exportación es mayor en el caso del coco seco, siendo de \$494,705 miles de dólares para el coco fresco y \$749,673 para el coco seco, esto es debido a que el precio del coco seco es mayor y puede ser utilizado por la industria sin pasar por un proceso de extracción, además de tener un mayor tiempo de vida en anaquel que el coco fresco (FAOSTAT, 2020).

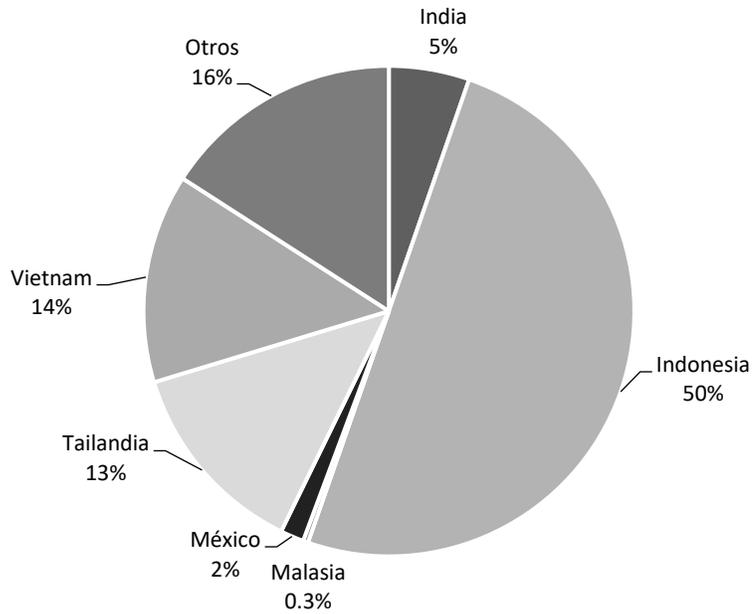


Figura 4 Principales países exportadores de coco en el año 2018. Fuente: Elaboración propia con información de FAOSTAT (2020).

3.4. Importaciones mundiales de coco

En el año 2018 las importaciones totales de coco fresco tuvieron un valor de 1,275.354 miles de toneladas a nivel mundial, las cuales tuvieron un valor aproximado de \$610,763 miles de dólares, para el caso de coco seco la magnitud fue menor con tan solo 404.470 miles de toneladas, el cual es cerca de un 32% de las importaciones de coco fresco, sin embargo el valor fue mayor con \$832,101 miles de dólares (FAOSTAT, 2020).

Durante el periodo 2010-2018 las importaciones mundiales de coco presentaron un incremento de 18% promedio anual, esto debido a China, Malasia y Tailandia, los cuales presentaron un incremento sostenido durante dicho periodo, y son los principales países importadores de coco fresco. Para el caso de México debido a que la producción nacional es capaz abastecer al mercado interno de coco fresco y copra, y a las medidas sanitarias, la cantidad importada para la mayoría de años es nula (Figura 5).

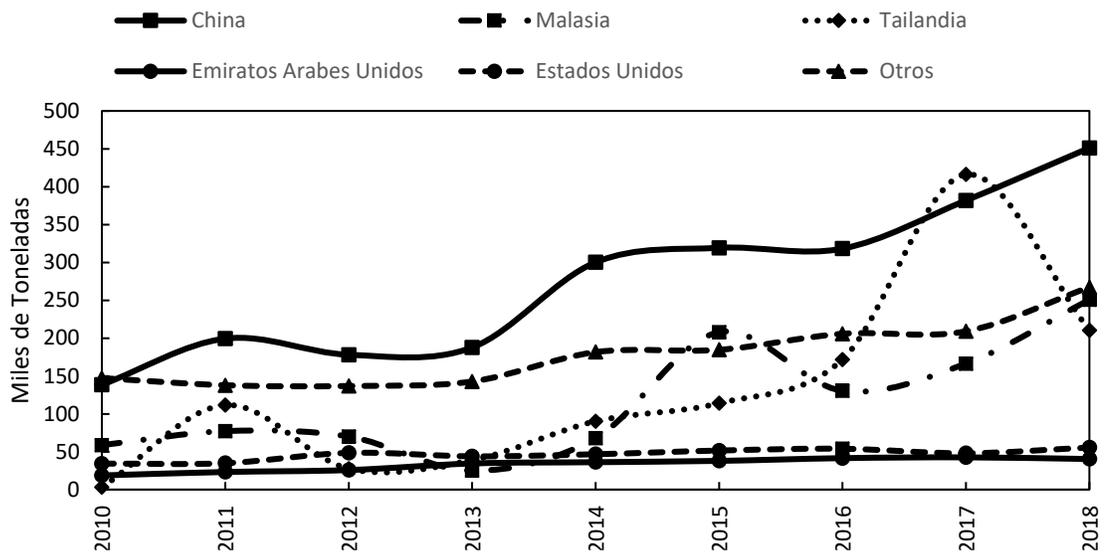


Figura 5 Importaciones mundiales de coco, miles de toneladas, periodo 2010-2018.

Fuente: Elaboración propia con información de FAOSTAT (2020).

En el año 2018 el principal importador de coco fresco fue China con de 451 miles de toneladas, el cual representó cerca de 35% del total mundial, seguido de Malasia y Tailandia los cuales tuvieron 20% y 16% respectivamente (Figura 6). A inicios del periodo 2010-2018 las importaciones combinadas de estos tres países representaron un 50% del total mundial, porcentaje que tuvo un crecimiento promedio de 5% promedio anual hasta llegar al 72% en el año 2018.

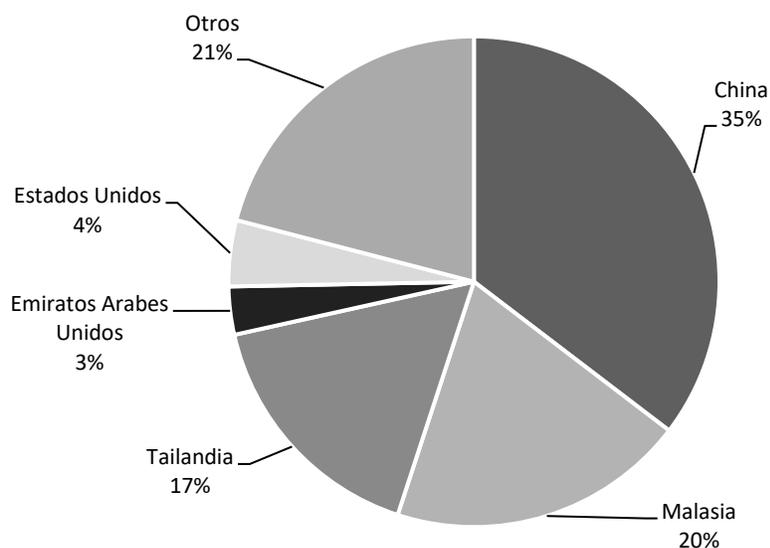


Figura 6 Principales países importadores de coco en el año 2018.

Fuente: Elaboración propia con información de FAOSTAT (2020).

3.5. Historia de la producción de copra en México

La palma de coco es uno de los cultivos tropicales de mayor importancia en el mundo, el cual se encuentra en más de 90 países del mundo, concentrándose en Asia y la Región del Pacífico, su importancia es debido al gran número de productos que se pueden obtener a partir de esta, los cuales han ayudado a ayudar a desarrollar la economía regional y nacional de las regiones de estos lugares (Pham, 2016).

El cultivo de coco tiene distintas ventajas a nivel de campo: requiere de poco cuidado; cada parte de la palma puede ser utilizada y comercializada; su ciclo de vida es muy largo, la edad productiva empieza a los 6-8 años después de la siembra y pueden permanecer productivas hasta por 80-120 años según la; y existen dos variedades principales dependiendo el uso principal que se le quiera dar, la palma "gigante" la cual es mejor para la producción de copra, debido a que

el fruto es de mayor tamaño por lo que se obtiene una mayor cantidad de endospermo por semilla, y la variedad enana que produce “agua de coco” de mayor calidad para la industria de las bebidas (Foale & Roebeling, 2006).

Los primeros registros de palmas de coco en el Pacífico americano se remontan a 1514, en las playas de la bahía de Panamá (Cook, 1910). De acuerdo con algunas fuentes el cultivo de coco en México era inexistente hasta que 1539 Álvaro de Guíjo notificó a Hernán Cortés el envío de dos docenas de semillas de cocotero desde Panamá para ser sembradas en las costas de México, cultivo que empezó a tener una gran aceptación y desarrollo en la región a mediados del siglo XIX, debido en gran medida a la utilización del cocotero para el consumo de aguamiel de coco como bebida embriagante hacia 1580 (Cueto, Maruchi, Llauger, González, & Romero, 2019).

En la actualidad existen diversos productos y subproductos que conforman toda una cadena productiva la cual depende del cultivo de palma de coco y determinan diferentes canales de comercialización: la cáscara se tiene un canal que lleva al sustrato y más adelante a los viveros y/o invernaderos; el coco verde se comercializa para obtener agua de coco y el coco fruta; la concha o huesillo del coco lleva al carbón activado; la copra (pulpa deshidratada) se emplea como la base para la obtención de aceites y de ahí a la producción jabón, etcétera (Figura 7).

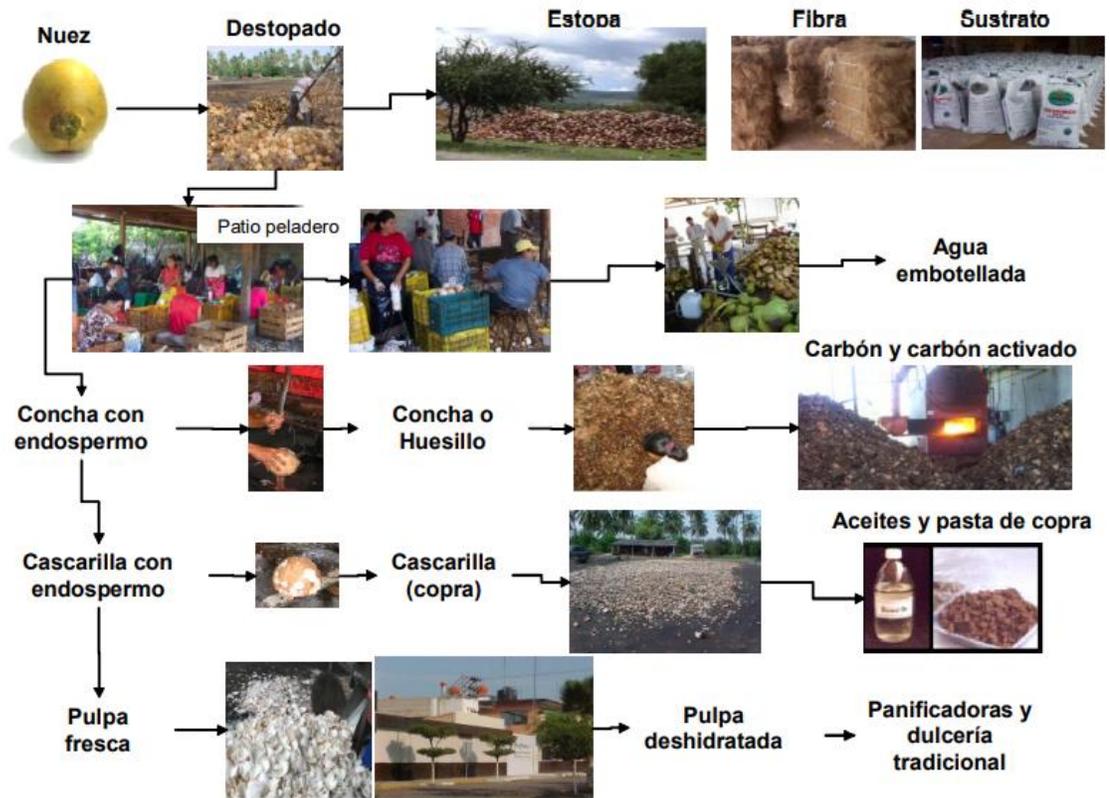


Figura 7 Cadena productiva la palma de coco.

Fuente: Palma de Coco (2020).

3.5.1. Tendencia producción nacional de copra

La copra es un cultivo que se realiza en las regiones costeras del país debido a los requerimientos climatológicos de la palma de coco, los estados donde se desarrolla esta actividad son: Campeche, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Tabasco, Nayarit, Sinaloa, Quintana Roo, Veracruz y Yucatán, los estados que presentan plantaciones de copra, siendo Guerrero, Oaxaca Y Tabasco los principales productores donde se produce aproximadamente 85% de la copra a nivel nacional (SIAP, 2020).

Durante el periodo 2005-2019 la producción nacional de copra ha mostrado una tendencia creciente (Figura 8), sin embargo al analizarla podemos observar que la misma tiene una tendencia muy volátil, en promedio se produjeron 215 miles de toneladas de copra durante dicho periodo, con un margen en el incremento y reducción de 12 mil toneladas; podemos observar que durante los últimos años se ha incrementado la producción producto de condiciones climáticas y sociales favorables, tendencia que podría cambiar dados los acontecimientos actuales.

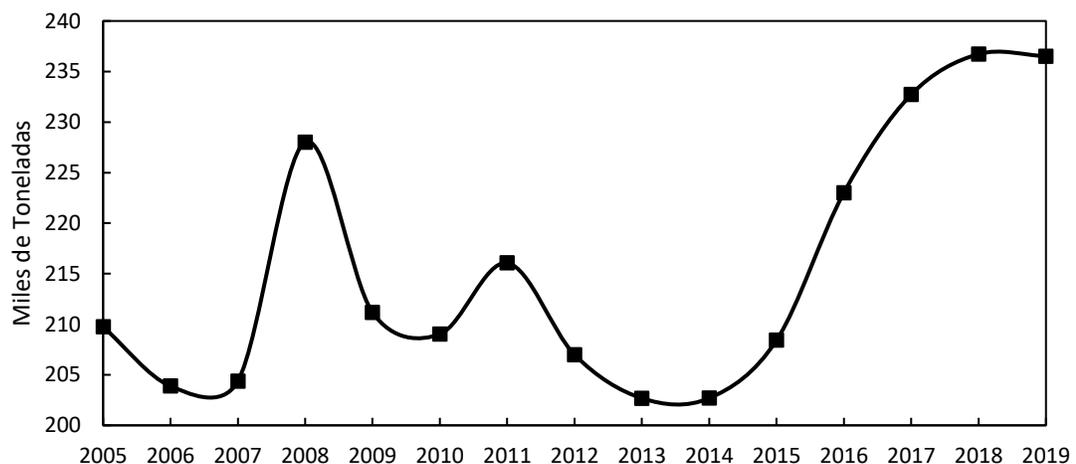


Figura 8 Producción nacional de copra, miles de toneladas.

Fuente: Elaborado con datos de SIAP (2020).

3.5.2. Superficie cultivada de copra en México

Al contrario de la producción a nivel nacional que a partir del año 2014 ha presentado un incremento en la producción de copra, la superficie agrícola dedicada a dicho cultivo mostró una caída durante el periodo 2006-2013 (Gráfica 8), en el cual se perdieron cerca de 10 mil hectáreas, esto debido a la importación de cebos y aceites vegetales con mayor competitividad (ANIAME, 2020); y a las enfermedades como el amarillamiento letal del cocotero, el cual según los

productores del estado de Colima (COECOCO A.C.) apareció en los cultivos de Quintana Roo a principios de la década de 80's, avanzando por la Península de Yucatán, y llegando finalmente a Campeche en 1990. Los estados más afectados por estos fenómenos han sido Tabasco y Colima, que han perdido cerca de 23,250 mil hectáreas (SIAP, 2020).

Esta tendencia se detuvo en el año 2013, a partir de este año la superficie cultivada de copra se ha mantenido al rededor 130 mil hectáreas a nivel nacional (Figura 9); sin embargo, a pesar de la implementación de programas gubernamentales durante el periodo 2013-2019, el sector no ha logrado recuperar las hectáreas afectadas.

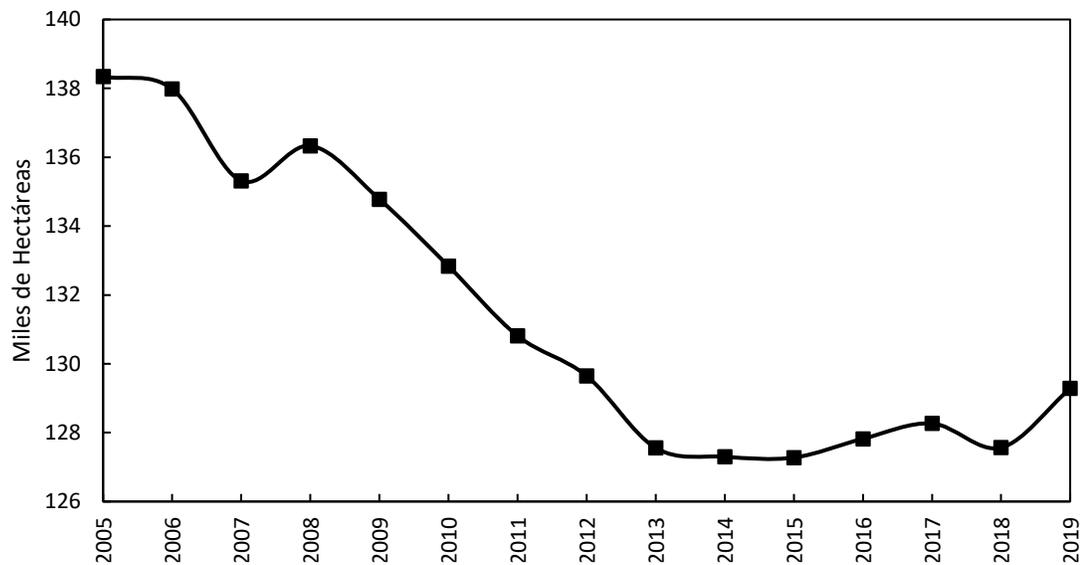


Figura 9 Superficie nacional cultivada de copra, miles de hectáreas.

Fuente: Elaborado con datos de SIAP (2020).

3.5.3. Rendimientos de la copra en México

Durante el periodo de análisis de este estudio que comprende los años 2005-2019, el rendimiento de copra a nivel nacional mostró tener dos tendencias (Figura 10). Entre los años 2005 y 2015 se obtuvo un rendimiento nacional de 0.99 toneladas por hectáreas, siendo Guerrero el estado con mayor rendimiento, llegando en algunos años a las 2 toneladas de copra cosechada, el estado que mostró un mayor dinamismo en fue Jalisco, el cual paso de tener un rendimiento poco mayor a 1 tonelada el cual se incrementó un 50% en el año 2012, sin embargo, los demás estados dedicados a la producción de copra a nivel nacional no han mostrado ningún cambio durante los 15 años de análisis, lo cual demuestra que el impacto de las políticas a nivel de finca ha sido nulo en la eficiencia del cultivo. La segunda tendencia se observa entre los años 2015-2019, en la que el promedio se incrementó a 1.28 toneladas por hectárea a nivel nacional, con una tasa de crecimiento de 1% anual, esto debido al incremento de rendimiento del principal productor Guerrero el cual en el año 2019 alcanzó las 2.3 toneladas por hectárea.

El rendimiento es la variable productiva que menos cambios ha presentado, manteniéndose estable para la mayoría de los estados a diferencia del precio y la superficie dedicada al cultivo de copra, lo cual nos indica que los programas gubernamentales enfocados a incrementar la productividad no han sido eficientes en lograr este objetivo.

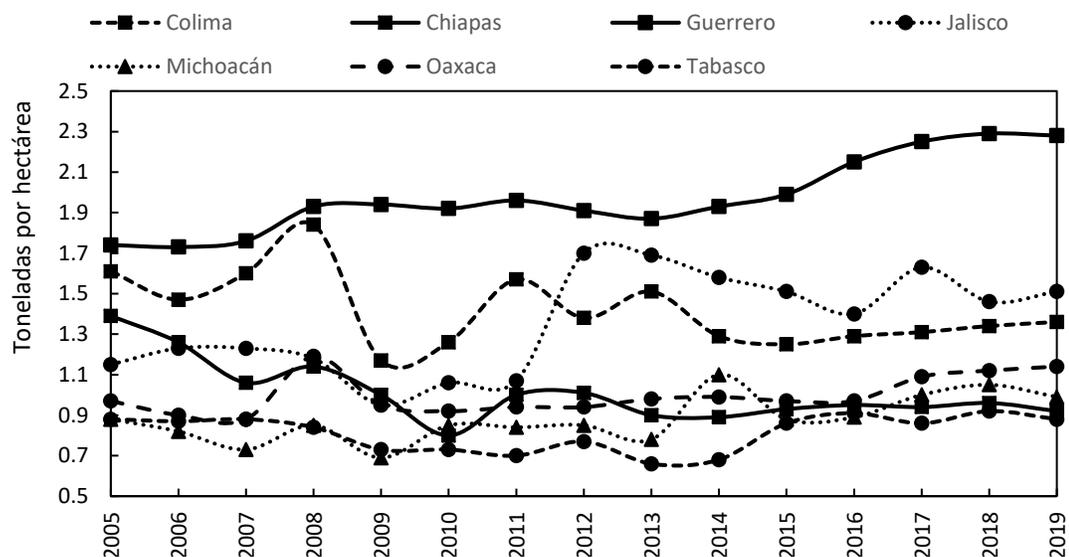


Figura 10 Rendimiento estatal de copra, toneladas por hectárea.

Fuente: Elaborado con datos de SIAP (2020).

3.5.4. Precio de venta de la copra en México

Durante el periodo 2005-2016 el precio de la copra a nivel nacional se mantuvo relativamente estable con un precio promedio de \$6610.35 pesos por tonelada, sin embargo, en el año 2016 el precio tuvo un incremento hasta cotizarse en más de \$8000, el cual puede explicar el crecimiento en la producción que se observó alrededor del mismo periodo. Sin embargo, durante los siguientes dos años el precio ha demostrado tener una tendencia decreciente, movimiento que podría continuar durante el año 2020 (Figura 11).

Los estados que presentan un menor precio son Chiapas y Campeche, los cuales han estado debajo de la media en todos los periodos, mientras que los demás estados han demostrado tener un precio similar, siendo Guerrero, Veracruz y Tabasco los que presentaron un precio ligeramente mayor.

Si bien no existe una base de datos oficiales que discrimine los precios de la copra basados en su cumplimiento o no la categoría de orgánico, los productores del municipio de Tecomán aseguraron que estos productos tienden a recibir un mayor precio, debido a que con ellos se puede producir una mayor cantidad de copra.

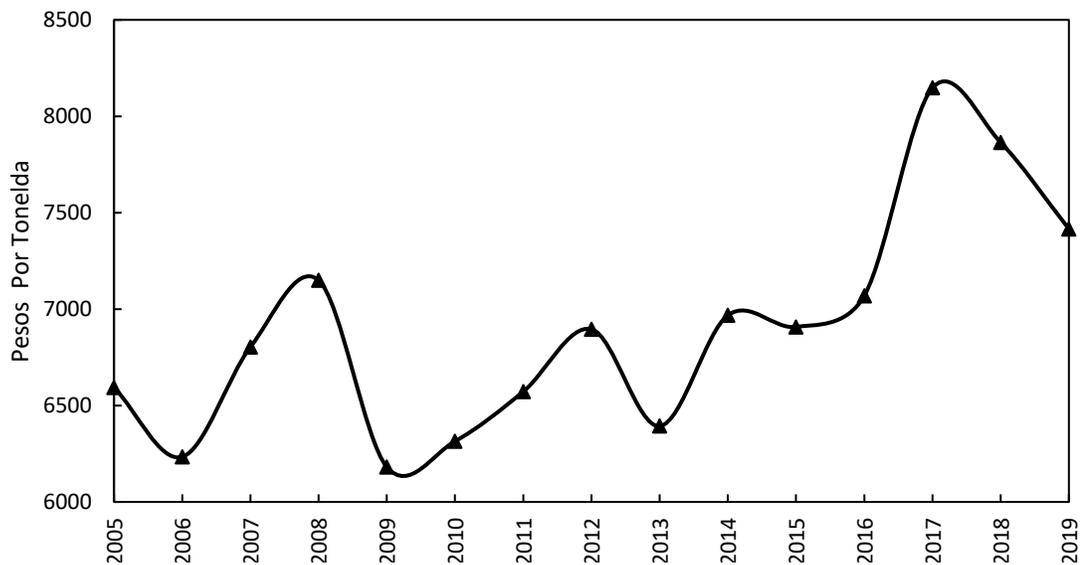


Figura 11 Precio nacional de copra, pesos reales por tonelada.

Fuente: Elaborado con datos de SIAP (2020).

3.6. Productores de copra: tipos de productores basados en el grado y propósito de la inversión.

Tipificación se refiere al establecimiento y construcción de posibles grupos basados en características reales, es un concepto sistemático, y taxonómico basado fundamentalmente entre características o atributos de varios individuos que permite agruparlos en tipos (Kostrowicki, 1977), este trabajo utilizó el grado

y propósito de inversión para diferenciar los distintos tipos de productor de copra Cuadro 1).

Cuadro 1 Tipología de productores basada en el grado y propósito de la inversión.

Tipo de producción	Características
Tradicional	Palmas no mejoradas, bajo uso de agroquímicos, superficie plantada no mayor a 2.5 ha, margen de producción de fruta de alta calidad entre 30 y 60 %, no cumplen con la calidad de exportación.
Intensiva	Palmas mejoradas, uso intensivo de agroquímicos, superficie plantada mayor a 2.5, margen de producción de fruta de alta calidad entre 39, y 86 %, volumen bajo en la capacidad de exportación.
Orgánica	Semilla mejorada, nulo uso de agroquímicos que no cumplen con las normas de la SEMEXPRO, superficie plantada mayor a 2.5 ha, margen de producción de fruta de alta calidad entre 41 y 90 %, volumen medio de capacidad de exportación.

Fuente: Elaboración propia con datos de INIFAP, FIRA y Encuestas a productores de Colima.

El costo de producción de una hectárea nueva de copra durante los primeros 5 años se muestran en las siguientes tablas.

3.6.1. Producción de copra bajo un esquema tradicional

Como se puede observar, el costo de producción para el primer año es de 89,100 pesos, considerando la mano de obra auxiliar, siendo este el costo más grande debido a la gran cantidad de mano de obra que se emplea en la producción, el

siguiente concepto de mayor importancia las labores culturales, debido al cuidado que se le debe dar a la plantación durante el primer año de establecimiento.

La cosecha inicial se obtiene a partir del tercer año, sin embargo, no se obtiene un rendimiento pleno sino hasta el quinto, con una densidad de siembra de 120 palmas por hectárea, se obtienen cerca de 3.77 toneladas de copra fresca. Cabe destacar también que el mayor costo es la mano de obra, superando considerablemente a los agroquímicos (Cuadro 2).

Cuadro 2 Proyección de costos de una hectárea de copra, bajo un esquema de producción tradicional.

COSTOS DEL PROYECTO	COSTOS	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO
CONCEPTO	COSTO POR HA	1	2	3	4	5
Fertilización	2,430	2,430	2,551.50	2,679.08	2,813.03	2,953.68
Control Fitosanitario	1,278	1,278	1,341.90	1,409	1,479.44	1,553.42
Labores Culturales	7,962	7,962	8,360.10	8,778.11	9,217.01	9,677.86
Cosecha	4,500	0	0	4,961.25	5,209.31	5,469.78
Procesamiento	2,550	2,550.00	2,677.50	2,811.38	2,951.94	3,099.54
Mano De Obra Auxiliar		74,880.00	78,624.00	82,555.20	86,682.96	91,017.11
TOTAL	18,720	89,100	93,555	103,194	108,353.70	113,771.39

Fuente: Elaboración propia con datos de INIFAP, FIRA y SNIIM.

3.6.2. Producción de copra bajo un esquema intensivo

Por su parte, la producción bajo un sistema intensivo resulta más cara, esto debido a que el uso de agroquímicos en mayor cantidad con la finalidad de obtener un mayor rendimiento. Los costos en el primer año son 93,979 pesos, al igual que en el caso de la plantación tradicional no existe cosecha durante los primeros dos años, en este sistema la proporción de costos no es distinta a la tradicional, siendo las labores culturales el concepto que más influye en los costos, con cerca del 38% de los costos fijos (Cuadro 3).

El rendimiento es mayor comparado al del cultivo tradicional, en una plantación con la misma cantidad de palmeras, estas obtienen 155 nueces por palma, a diferencia de las 125 que se obtienen en una plantación tradicional, el rendimiento por nuez también es mayor debido a que se utilizan variedades especializadas y creadas para tener una mayor producción. El rendimiento por hectárea es de 4.78 toneladas una vez alcanzada la plenitud de la plantación.

Cuadro 3 Proyección de costos de una hectárea de copra, bajo un esquema de producción intensivo.

COSTOS DEL PROYECTO	COSTOS	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO
CONCEPTO	COSTO POR HA	1	2	3	4	5
Fertilización	3,243	3,243	3,405.15	3,575.41	3,754.18	3,941.89
Control Fitosanitario	3,716	3,716	3,901.80	4,096.89	4,301.73	4,516.82
Labores Culturales	9,140	9,140	9,597	10,076.85	10,580.69	11,109.73
Cosecha	4,650	0	0	5,126.63	5,382.96	5,652.10
Procesamiento	3,000	3,000	3,150	3,307.50	3,472.88	3,646.52
Mano De Obra Auxiliar	0	74,880	78,624	82,555.20	86,682.96	91,017.11
TOTAL	23,749	93,979	98,677.95	108,738.47	114,175.40	119,884.17

Fuente: Elaboración propia con datos de INIFAP, FIRA y SNIIM.

3.6.3. Producción de copra bajo un esquema orgánico

Por último, la producción bajo un esquema orgánico, en este caso el costo de plantación es el menor de las tres, debido a que se requiere de menos agroquímicos para su establecimiento y cuidado, durante el primer año el costo es de 58,474 pesos, casi la mitad que para la producción intensiva, sin embargo se está expuesto a un mayor riesgo de plagas e infecciones, por esto el costo de las labores culturales es mayor, siendo un 38% de los costos del cultivo, debido a que se requiere de una mayor supervisión (Cuadro 4). El rendimiento por hectárea es menor que en el intensivo, pero mayor al tradicional, en una plantación de 120 palmas, se obtienen tan solo 120 nueces por palma, sin embargo, se obtiene un mayor rendimiento por nuez, debido a que una mayor cantidad de copra es aprovechable, y esta es de mejor calidad, el rendimiento por hectárea es de 3.98 toneladas por hectárea.

Cuadro 4 Proyección de costos de una hectárea de copra, bajo un esquema de producción orgánico.

COSTOS DEL PROYECTO	COSTOS	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO	AÑO
CONCEPTO	COSTO POR HA	1	2	3	4	5
Fertilización	3,270	3,270	3,433.50	3,605.18	3,785.43	3,974.71
Control Fitosanitario	4,184	4,184	4,393.20	4,612.86	4,843.50	5,085.68
Labores Culturales	9,780	9,780	10,269	10,782.45	11,321.57	11,887.65
Cosecha	4,650	0	0	5,126.63	5,382.96	5,652.10
Procesamiento	3,000	3,000	3,150	3,307.50	3,472.88	3,646.52
Otros	800	800	840	882	926.10	972.41
Mano De Obra Auxiliar		37,440	39,312	41,277.60	43,341.48	45,508.55
TOTAL	25,684	58,474	61,397.70	69,594.21	73,073.92	76,727.62

Fuente: Elaboración propia con datos de INIFAP, FIRA y SNIIM

4. ANÁLISIS DEL MERCADO DEL ACEITE DE COCO

Las empresas agroindustriales se encargan de transformar los productos procedentes de la agricultura, la pesca y la actividad forestal, con el objetivo de producir bienes y alimentos que pueda hacer frente a las necesidades y demandas de la sociedad, con la finalidad de incrementar el valor agregado por medio de nuevos empaques, presentaciones más atractivas, productos novedosos etc. (Vieira & Hartwich, 2002).

La industria del coco se basa en la producción de aceite de coco y fue la base del aceite vegetal producción para la importación por las economías industriales en desarrollo hasta que otros cultivos competitivos entraron en el mercado de los aceites comestibles. Los usos industriales incluyen la separación de ácidos grasos y glicerol, producción de jabón, cosméticos, detergente y Biocombustibles. Un enfoque reciente ha sido en los principales beneficios nutricionales del aceite de coco para la salud humana (Fife, 2003).

La copra es procesada localmente o exportada a paises extranjeros como materia prima para la producción de aceite de coco, en general el proceso este proceso costa de tres etapas: los tratamientos de pretratamiento, extracción y post-extracción (Pham, 2016).

En México, la mayor parte del comercio de aceite de coco se realiza por medio de cadenas comerciales como Walmart, Soriana, Sam's Club, y tiendas de productos naturistas. Las principales empresas dedicadas a la elaboración de aceite de coco son a nivel nacional son: Calahua, A De Coco, San Lucas, Campo Vivo, Soy Aceite De Coco, Deicoco e Icosa.

4.1. Tendencia de la producción mundial del aceite de coco

En promedio la producción mundial de aceite de coco fue de 3443.33 miles de toneladas durante el periodo 2010-2018, la cual se realiza principalmente en los países de Filipinas, Indonesia, e India, los cuales producen 36%, 29% y 13% respectivamente. En el año 2010 la producción mundial presentó una caída del 17% consecuencia de un declive en Filipinas de un 35%, tendencia que continuó hasta alcanzar un mínimo en la producción en el año 2014, año en el que alcanzó una producción de 3,106 miles de toneladas de aceite de coco, después de ese año la producción presentó un incremento del 3% anual con una ligera caída en el año 2018 (Figura 12). Los principales productores de copra son Filipinas, Indonesia, India, Vietnam y México, siendo este último el principal país no asiático en producir aceite de coco a nivel mundial.

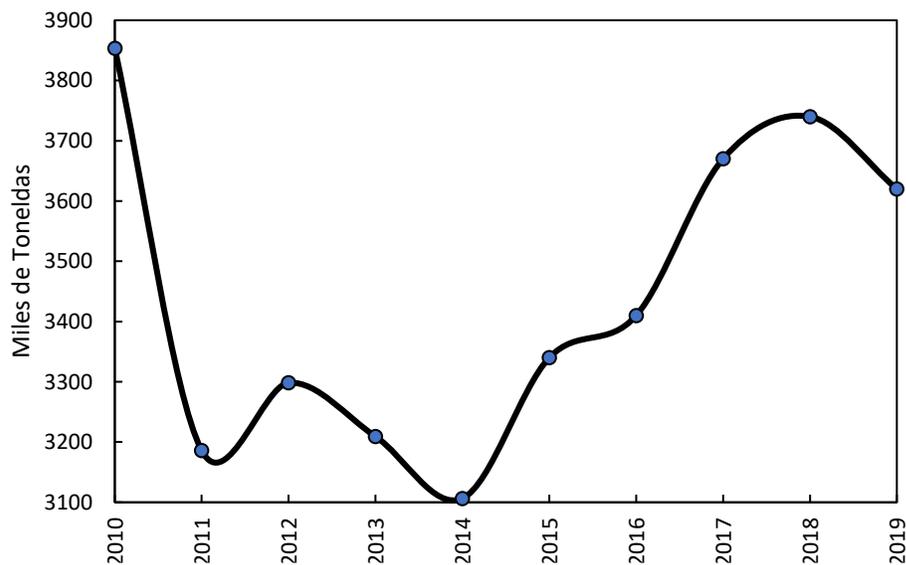


Figura 12 Producción mundial de aceite de coco en miles de toneladas periodo 2010-2019.

Fuente: Elaborado con datos de FAOSTAT (2020) y STATISTA (2020).

4.2. Principales países exportadores de aceite de coco

Los principales países exportadores de aceite de coco a nivel mundial son Filipinas (44%) e Indonesia (31%), los cuales realizaron el 75% de las exportaciones totales en el año 2018, seguidos por los Países Bajos los cuales también entran dentro de los principales importadores, por lo que existe evidencia de una gran industria dedicada a comercio internacional en estos países (FAOSTAT, 2020). Las importaciones presentaron una caída durante el año 2010/2011, la cual coincide con la caída en la producción mundial de aceite de coco, durante este periodo las exportaciones de aceite de coco proveniente de Filipinas cayeron 40%, esta caída se vio seguida por un incremento en las exportaciones mundiales del 13%, sin embargo, durante el periodo 2010-2018 no ha podido regresar a los niveles previos al 2010 (Figura 13).

Las exportaciones de aceite de coco durante el periodo 2010-2018 fueron en promedio 2123 miles de toneladas y tuvieron un valor de 2,774,189 miles de dólares a nivel mundial, si bien desde el año 2016 ha existido una tendencia en el incremento de las exportaciones, los efectos de distintos fenómenos climatológicos, económicos y virales a nivel mundial podrían afectar de manera negativa este movimiento.

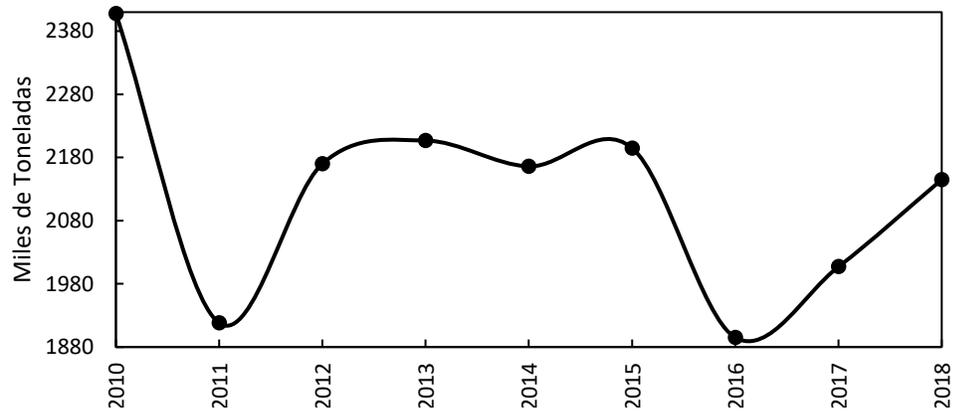


Figura 13 Exportaciones de aceite de coco a nivel mundial en miles de toneladas periodo 2010-2018.

Fuente: Elaborado con datos de FAOSTAT (2020).

4.3. Principales países importadores de aceite de coco

Por su parte los principales países importadores de aceite de coco son Estados Unidos (23%), y los Países Bajos (18%), los siguientes países son China, Malasia y Alemania, los cuales importan cantidades similares participando en un 8% de manera individual a las importaciones mundiales (FAOSTAT, 2020).

Las importaciones tienen una tendencia similar a las exportaciones de manera agregada, sin embargo, de manera individual los países muestran una tendencia neutral, ninguno de los países presentó un cambio mayor al 5% promedio, sin embargo, durante el periodo 2010-2018 todos los países presentaron una ligera tendencia negativa (Figura 14).

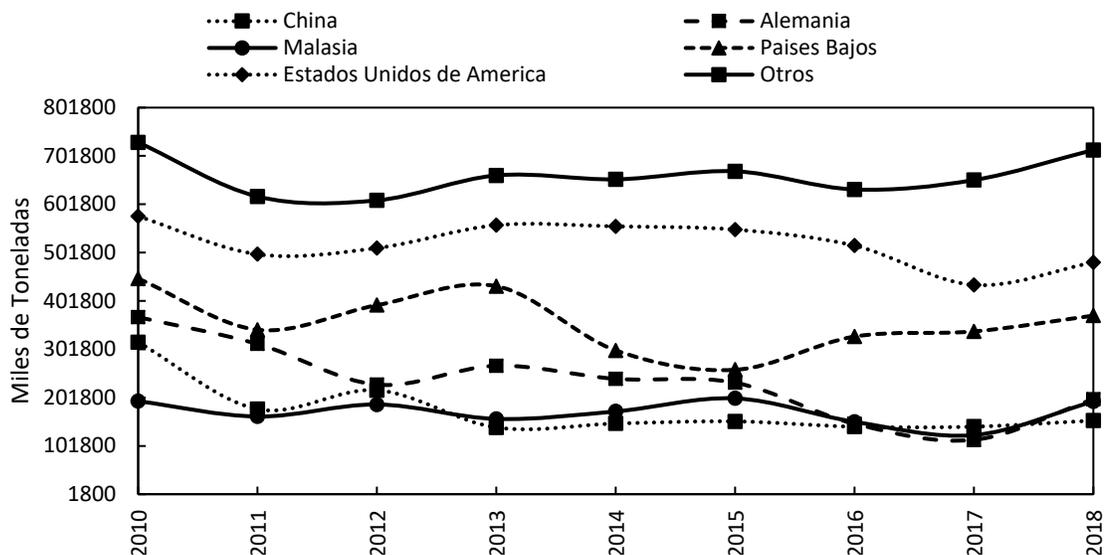


Figura 14 Importaciones de aceite coco a nivel mundial en miles de toneladas periodo 2010-2018.

Fuente: Elaborado con datos de FAOSTAT (2020).

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Criterios de tipología

Para determinar los criterios de tipología debemos contar con una metodología que permita conocer variables uniformes que lleven a la correcta caracterización de una situación (Andersen, Elversen, Godeschalk, & Verhoog, 2007). En el sector agropecuario dichas características se agrupan en tres grandes categorías: características sociales y de propiedad, las cuales proporcionan información sobre cómo y quién es el dueño de la tierra; características operacionales, organizativas y técnicas, las cuales proporcionan información sobre la organización de la mano de obra, el movimiento de capital y la operación de la explotación; y las características de producción, las cuales dan información

de cómo, cuanto y que se produce en la explotación, y con qué propósito se está produciendo (Kostrowicki, 1977).

A fin de que la tipificación sea correcta, la metodología debe presentar: una adecuada elección y expresión de las variables que representen el sistema productivo; y la adecuada elección de la técnica para la comparación y agrupación con base en los individuos o en las unidades de estudio. Si las variables están debidamente seleccionadas y la calidad de los datos estadísticos son aceptables, las técnicas de comparación y agrupamientos serán más precisas (Kostrowicki, 1977).

5.2. Tipología de productores de copra

Para la realización de la tipología se utilizó la metodología propuesta por la OCDE conocida como “Medición de las Actividades Científicas y Tecnológicas. Directrices propuestas para recabar e interpretar datos de la innovación tecnológica: Manual Oslo”, propone una metodología que permite analizar datos sobre innovación tecnológica, también explica los tipos de innovación y su impacto en el desempeño de la organización (OCDE & EUROSTAT, 2018).

De acuerdo con este Manual, la innovación puede ser entendida como la concepción e implantación de cambios significativos en el producto, el proceso, el marketing o la organización de la empresa con el propósito de mejorar los resultados. Los cambios innovadores se realizan mediante la aplicación de nuevos conocimientos y tecnología que pueden ser desarrollados internamente, en colaboración externa o adquiridos mediante servicios de asesoramiento o por compra de tecnología (OCDE & EUROSTAT, 2018).

Uno de los objetivos de las tesis fue determinar el grado de innovación en la producción de copra, y para ello fue necesario identificar una variable que nos permitiera separar unos productores de otros el grado de innovación que estos

tuvieran. Según el manual una de las principales variables que determinan la innovación es la inversión, la cual puede incluir la adquisición de activos materiales e inmateriales, que podrían ser rentables en el futuro; por lo que se adaptó esta metodología con el fin de saber la cantidad y el fin de las inversiones que los productores de copra realizaron.

Para su aplicación se consideraron tres etapas: (1) el diseño de un instrumento que nos ayudara a conocer información sobre el grado de innovación que tuvieran los productores de copra basados en el grado de inversión y el propósito de la misma; (2) la ampliación del instrumento a un estrato de los productores de copra; y finalmente (3) el análisis de la información y su validación.

5.3. Colecta de la Información

Para obtener la información se realizó una encuesta a un grupo de 35 productores en el municipio de Tecomán que eran miembros de la COECOCO A.C., dedicados a la producción de copra. Dicha actividad se realizó del mes de junio del año 2018, dicho cuestionario presentó preguntas referentes a la inversión en una escala nominal (existencia o no de inversión de algún tipo) y cuantitativas para determinar el grado de inversión en caso de existir (Köbrich, Rehnem, & Khan, 2003).

Debido al problema de inseguridad que atravesaba el municipio (Zamora Briseño, 2018), se limitaron las preguntas a los siguientes aspectos: Tamaño de la tierra, origen de las palmas (criollas o mejoras), cantidad de palmas por hectárea, uso de agroquímicos (cantidad y calidad) y fin del producto (venta de copra, producción de aceite a pequeña escala, otros).

La importancia de intentar clasificar de manera apropiada a los productores es debido a que, una apropiada clasificación de los sistemas productivos ayuda al

diseño de políticas agropecuarias en la zona o sistema productivo, las cuales benefician la dinámica del desarrollo regional (Köbrich, Rehnham, & Khan, 2003).

5.4. Definición de ganancia económica

La ganancia de una empresa o actividad económica son iguales a su ingreso total menos el costo total, el ingreso total es el valor de las ventas de una empresa y se calcula como el precio de un bien multiplicado por la cantidad vendida, mientras que el costo total es costo de todos los recursos productivos utilizados para realizar la actividad económica (Parkin, Esquivel, & Ávalos, 2006).

La maximización de ganancias es un proceso de corto o largo plazo, mediante el cual una empresa puede determinar el precio, y los niveles de producción que conducen al mayor nivel de ganancia posible. La actual economía neoclásica usualmente modela las empresas de tal forma que maximicen esta medida.

La maximización de las ganancias puede ser abordada de distintas maneras; tomando en cuenta que la ganancia es igual al ingreso menos costo, puede abordarse el problema de manera gráfica, a través de las funciones de ingreso y costo y encontrar el punto donde se maximice la diferencia; si se conocen las funciones matemáticas de costos e ingresos se puede utilizar el cálculo para maximizar la ganancia derivando el sistema de ecuaciones e igualándolas a cero, obteniendo con ello los precios y cantidades óptimas de producción; también pueden igualarse las funciones de ingreso y costo marginal ya que esta una condición que maximiza las ganancias.

En este estudio se aborda la ganancia desde la teoría de la maximización de ventas la cual se basa en que una vez que una empresa ha alcanzado su nivel aceptable de beneficios para un bien o servicio, el objetivo debe centrarse en el aumento de los ingresos procedentes de las ventas (Samuelson & Marks, 2014).

5.5. Teoría de optimización

La teoría de la optimización gira en torno a obtener comportamientos óptimos en los sistemas de elementos que integran un ambiente de posibilidades, y son numerosos los problemas de índole económica que consisten en determinar un criterio de asignación de recursos con el fin de obtener el máximo rendimiento con la mínima inversión. La optimización matemática es la selección del mejor elemento con respecto a algún criterio) de un conjunto de elementos disponibles , en el caso más simple, un problema de optimización consiste en maximizar o minimizar una función real eligiendo sistemáticamente valores de entrada (Dantzig, 2020).

Tradicionalmente se consideran dos campos de estudio en la optimización matemática, la cual es parte fundamental de la teoría de optimización, el estático en el cual el tiempo no interviene en el problema; y el dinámico donde el tiempo se considera como una variable del problema de optimización, otros aspectos que se consideran son la existencia de uno o varios centros de decisión, y la cantidad de objetivos que el problema considere. Por otra parte, el problema puede ser determinista o estocástico, y las variables de decisión continuas o discretas, dadas estas características de pueden clasificar los problemas de optimización como lineales o no lineales (Figura 15) (Arévalo Quijada, Camacho Peñalosa, Mármol Conde, & Monroy Berjillos, 2016).

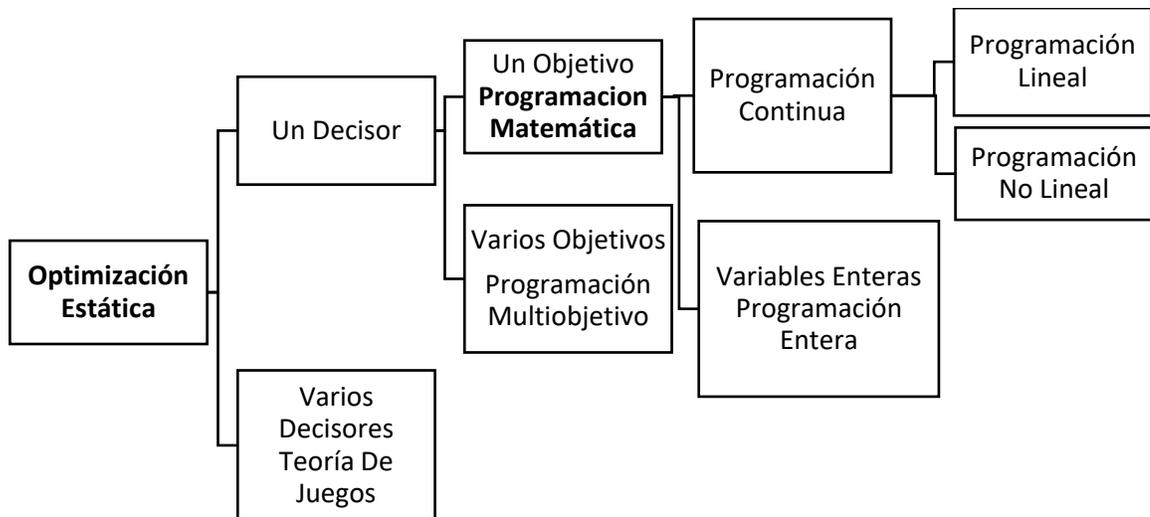


Figura 15 Clasificación de los problemas de optimización estática.

Fuente: Arévalo Quijada, Camacho Peñalosa, Mármol Conde, & Monroy Berijillos (2016).

5.5.1. Concepto de óptimo

En términos matemáticos se pueden definir un óptimo local de la siguiente manera:

Sea $f: D \subseteq \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$, D es el dominio de la función f , ya sea X tal que $X \subseteq D$.

Por definición $x^* \in X$ es un mínimo local de f en X , si existe un entorno de x^* , $E(x^*)$, tal que $f(x^*) \leq f(x), \forall x \in X \cap E(x^*)$; de manera análoga $x^* \in X$ es un máximo local de f en X , si existe un entorno de x^* , $E(x^*)$, tal que $f(x^*) \geq f(x), \forall x \in X \cap E(x^*)$

Por otra parte los puntos son óptimos globales cuando; $x^* \in X$ es un mínimo global de f en X , si existe un entorno de x^* , $E(x^*)$, tal que $f(x^*) \leq f(x), \forall x \in X$; de manera análoga $x^* \in X$ es un máximo global de f en X , si existe un entorno de

$x^*, E(x^*)$, tal que $f(x^*) \geq f(x), \forall x \in X$. Si en cualquiera de las definiciones las desigualdades son estrictas, entonces se consideran dichos puntos como óptimos estrictos (Arévalo Quijada, Camacho Peñalosa, Mármol Conde, & Monroy Berjillos, 2016).

5.5.2. Planteamiento del problema de programación matemática

Los problemas de programación matemáticas consisten en la maximización o minimización de una función de una o varias variables, sometidas a un conjunto de restricciones. La formulación matemática es:

$$\begin{aligned} & \text{Opt } f(x) \\ & \text{s. a. } g(x) \leq b \\ & h(x) = c \\ & x \in S \subseteq R^n \end{aligned}$$

Donde $f: D \subseteq R^2 \rightarrow R, g: R^n \rightarrow R^m, h: R^n \rightarrow R^p, b \in R^m, c \in R^p$.

El problema trata de hallar los valores de $x \in \mathbb{R}^n$ que maximicen o minimicen el valor de la función f en el conjunto que determinan las restricciones.

Es importante notar que el conjunto $X = \{x \in D, g(x) \leq b, h(x) = c, x \in S\}$ es el conjunto factible. Cada $x \in X$ se denomina solución factible o punto factible. Si $X = \emptyset$, el problema es infactible. Y si X se reduce a un solo punto, entonces no existe problema de optimización pues no hay posibilidad de elección (Arévalo Quijada, Camacho Peñalosa, Mármol Conde, & Monroy Berjillos, 2016).

5.5.3. Resolución del problema de programación matemática con restricciones

Considerando un problema de programación matemática de la forma

$$\begin{aligned} & \text{Opt } f(x) \\ & \text{s. a. } g(x) = b \end{aligned}$$

Donde $f: D \subseteq R^n \rightarrow R$, $g: R^n \rightarrow R^m$, $g(x) = (g_1(x), g_2(x), \dots, g_m(x))$, $g_i: R^n \rightarrow R$, $i = 1, \dots, m$ y $m < n$, donde el conjunto factible es $X = \{x \in D, g_i(x) = b_i, i = 1, \dots, m\}$.

Se considera que tanto la función objetivo como las restricciones tienen derivadas de primer y segundo orden continuas. Una forma de resolver este tipo de problemas es mediante lagrangianos.

La Función de Lagrange o lagrangiana del problema es la función de $n+m$ variables

$$L(x, \lambda) = f(x) - \lambda^t (g(x) - b), x \in R^n, \lambda \in R^m$$

Las variables $\lambda_i, i = 1, \dots, m$ se denominan multiplicadores de Lagrange.

De forma desarrollada la función lagrangiana se escribe

$$L(x_1, \dots, x_n, \lambda_1, \dots, \lambda_m) = f(x_1, \dots, x_n) - \sum_{i=1}^m \lambda_i (g_i(x_1, \dots, x_n) - b_i)$$

5.5.4. Planteamiento teórico del problema de transporte

El problema de transporte es uno de los dos problemas de programación lineal más comunes siendo el otro el problema de asignación, el cual consiste

determinar las cantidades a transportar de mercancía desde sus lugares de origen, abasteciendo las cantidades demandadas en los destinos, buscando que el coste de realizar dicha labor sea el mínimo. En términos generales el problema considera transportar una mercancía desde m orígenes a n destinos. Los orígenes tienen a_1, a_2, \dots, a_m unidades disponibles de mercancías y los destinos demandan b_1, b_2, \dots, b_n unidades. Se suponen dichas cantidades como mayores a 0 ($a_i, b_j > 0, \forall i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$) y que existe un costo de transportar (c_{ij}) una unidad desde el origen i al destino j , se considera también que las cantidades no deben exceder las posibilidades de los orígenes.

El problema de transporte se puede formular como

$$\begin{aligned} & \text{MIN} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \\ & \text{s. a.} \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i \quad i = 1, \dots, m \\ & \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq b_j \quad i = 1, \dots, n \\ & x_{ij} \geq 0 \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n \end{aligned}$$

Se puede observar que las restricciones m están asociadas con la disponibilidad de las mercancías en los orígenes, y las restricciones n están asociadas a las demandas de los destinos.

La formulación de este problema cumple con los supuestos del problema:

- Si la demanda total de los destinos es mayor a que la disponibilidad total de los orígenes; $\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j$, el problema es infactable.

- Si la demanda total de los destinos es igual a que la disponibilidad total de los orígenes; $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$, el problema puede formularse con restricciones de igualdad.
- Si la demanda total de los destinos es menor a que la disponibilidad total de los orígenes; $\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j$, el problema admite una formulación equivalente con restricciones de igualdad. Para ello se crea un destino ficticio cuya demanda sea $\sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j$, de tal forma que los costos de transporte asociados a ese destino sean nulos para que el coste total de transporte no varíe.

Esta formulación del modelo cumple con las características: el problema tiene al menos una solución factible, la cual es finita; si a_i y b_i son enteros positivos, entonces cualquier solución básica factible tiene todas sus componentes enteras (Arévalo Quijada, Camacho Peñalosa, Mármol Conde, & Monroy Berjillos, 2016).

6. METODOLOGÍA Y APLICACIÓN DEL MODELO

6.1. Formulación del modelo

Para la elaboración del modelo aplicado en este estudio, se consultaron distintas fuentes que han utilizado la programación matemática para analizar un mercado agrícola o agroindustrial, poniendo especial atención en aquellos donde el objetivo haya sido optimizar el funcionamiento del mercado ya sea minimizando los costos involucrados en la producción y transporte, o maximizando las ganancias (Sitek & Wikarek, 2013), considerando los costos e ingresos de los agentes económicos o en donde el producto atraviesa por un proceso de transformación.

Un ejemplo del uso de programación matemática donde el objetivo fue mejorar la situación de los productores bajo distintos tipos de producción, es el estudio donde se emplea un modelo lineal para analizar el mercado de la sandía (García Vásquez, 2010), en el cual se analiza la eficiencia de las políticas de ordenamiento del mercado enfocadas a incrementar la ganancia de los productores considerando la producción con riego asistido y temporal. Los resultados obtenidos indican que la planeación temporal era la política más eficiente para lograr dicho objetivo, por lo que se recomendaba organizar a los productores y con ello estabilizar el mercado.

Otro estudio el cual tuvo como objetivo minimizar los costos de transporte del mercado nacional de durazno a través de la planeación en la producción (Gonzalez, 2011), compara dos escenarios uno con la producción observada y otro donde la producción se incrementaba en 20%, cuyos resultados muestran que un incremento en la producción reduce los costos de transporte y hace más eficiente la distribución.

Sin embargo, en dichos estudios el producto no pasa por un proceso de industrialización como en el caso del aceite de coco. Si bien hay literatura que ejemplifica modelos que permiten analizar mercados donde el producto pasa por un proceso de transformación, y toman en cuenta los costos, coeficientes de transformación, y capacidades instaladas de las empresas, dichos ejemplos son teóricos (Salazar, 2006), por lo que solo se establece la forma matemática del modelo y en estos se considera que el productor interviene en la industrialización y venta del producto final, por lo que no refleja el funcionamiento del mercado analizado en este estudio, estudios más recientes han utilizado al modelos de programación lineal para la maximización de las ganancias de los productores, como el utilizado para la optimización en la red de distribución para la cadena de suministros de tuna (Granillo Macias, Gonzalez Hernandez, Santana Robles, & Martinez Flores, 2019), sin embargo este producto tampoco pasa por un proceso industrial.

En consecuencia se creó un modelo que expandiera los trabajos antes mencionados, este busca maximizar la ganancia del mercado considerando las ganancias de distintos tipos de productores de copra, y las ganancias de las empresas de aceite de coco, considera que los productores venden la copra a la industria y no participan en el mercado del aceite de coco más allá de ser proveedores de materia prima, y debido a las limitantes de la industria se consideran las importaciones como una fuente de producto para satisfacer la demanda.

6.2. Modelo de equilibrio espacial para maximizar la ganancia del mercado de copra y aceite de coco

El modelo está conformado por una función objetivo la cual contempla el mercado de copra, de aceite de coco y el mercado exterior, y cinco restricciones. Se consideran i ($i=1, 2, \dots, 12$) regiones productoras de copra, j ($j = 1, 2, \dots, 7$) plantas productoras de aceite de coco, l ($l=1, 2$) puertos de importación de aceite de coco y k ($k=1, 2, \dots, 32$) centros de consumo de aceite de coco.

Los supuestos del modelo son la existencia de un solo mercado por cada región productora de copra, empresa elaboradora de aceite de coco o consumidor de aceite de coco, y un solo agente existe para cada una, el cual oferta y/o demanda la copra para transformarla en aceite de coco, o el aceite de coco para satisfacer sus necesidades de consumo.

Se consideran como variables endógenas las rutas y cantidades de envíos de copra y aceite de coco, y la cantidad importada de aceite para satisfacer la demanda. Las variables exógenas la producción de copra, precios de copra y aceite de coco, el coeficiente de transformación técnica de copra a aceite de coco, costos de transformación y de transporte, y la demanda de aceite de coco.

Formulación del modelo de maximización de ganancia del mercado

$$\begin{aligned} \text{Max } f(x) = & \sum_{i=1}^n p_{ij}^{\alpha} x_{ij}^{\alpha} - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij}^{\alpha} x_{ij}^{\alpha} - \sum_{i=1}^n c_i^{\alpha} x_{ij}^{\alpha} + \sum_{j=1}^n p_{jk}^{\beta} x_{jk}^{\beta} - \\ & \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n t_{jk}^{\beta} x_{jk}^{\beta} - \sum_{j=1}^n c_j^{\beta} x_{jk}^{\beta} - \sum_{l=1}^n \sum_{k=1}^n p_{lk}^{\beta} x_{lk}^{\beta} - \sum_{l=1}^n \sum_{k=1}^n t_{lk}^{\beta} x_{lk}^{\beta} \end{aligned} \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=i}^n x_{ij}^{\alpha} \leq x_i^{\alpha} \quad (2)$$

$$x_j^{\beta} = \sum_{j=1}^n x_{ij}^{\alpha} a_i^{\gamma\alpha} \quad (3)$$

$$x_j^{\beta} \leq x_{ij}^{\alpha} a_i^{\gamma\alpha} \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{jk}^{\beta} + \sum_{l=1}^n x_{lk}^{\beta} \geq y_l^{\beta} \quad (5)$$

$$Y_l \geq X_i \geq X_j \geq X_k \geq 0 \quad (6)$$

Donde: p_{ij}^{α} = precio de adquisición de copra en la zona de adquisición; x_{ij}^{α} = cantidad producida de copra en i que será llevada a j; t_{ij}^{α} = costo de transporte por tonelada de copra de la zona productora i a la planta j; c_i^{α} = costo de producción de la copra en la zona productora; p_{jk}^{β} = precio de adquisición del aceite de coco producido a nivel nacional; x_{jk}^{β} = cantidad producida de aceite de coco en la planta productora k que será llevada al estado k; t_{jk}^{β} = costo de transporte por tonelada de aceite de coco de la planta productora j al centro de consumo k; c_j^{β} = costo de transformación de copra a aceite de coco en la planta j; x_{lk}^{β} = cantidad importada de aceite de coco en la frontera l que será llevada al estado k; p_{lk}^{β} = precio de adquisición del aceite de coco en la frontera; t_{lk}^{β} = costo de transporte por tonelada de aceite de coco de la frontera l al centro de consumo k; $a_i^{\gamma\alpha}$ = tasa de transformación de copra a aceite de coco.

La función objetivo 1 maximiza la ganancia del mercado considerando los principales costos e ingresos del mercado de copra y aceite de coco de manera simultánea, y nos permite analizar cómo se distribuyen los productos, también

nos permite saber cuáles son los estados y empresas más competitivos. El modelo define la ganancia del mercado de copra como la suma de los ingresos obtenidos por la venta de los productos en las regiones productoras i a las empresas j restando a estos los costos de producción y de transporte; y la ganancia del mercado de aceite de coco como los ingresos recibidos por parte de las empresas j , restando el costo de transformar la copra en aceite de coco, y el costo de transporte a las regiones consumidoras l ; finalmente el modelo considera las importaciones como un costo que reduce la ganancia del mercado, las cuales contemplan el costo de adquirirlas y transportarlas de los puertos de importación k a los centros de consumo l .

La ecuación 2 indica como se distribuye la copra, los envíos de cada región productora i a las empresas productoras de aceite j deben ser menores o iguales a su producción. Por lo que ningún estado es capaz de enviar una cantidad mayor de copra de la que produce por sí mismo, también implica que en caso de existir excedentes del producto, la región productora funciona como almacén de dicho producto, el modelo se calibró de esta forma porque es la forma funcional que mejor logró replicar el funcionamiento del mercado, debido a que la copra puede ser utilizada para otros usos, sin embargo las empresas productoras no funcionan como almacén ni tienden a comprar más producto del que necesitan para abastecer el mercado.

La ecuación 3 establece el cómo se transforma la copra en aceite de coco, la cantidad producida de coco X^β es igual a la cantidad que reciben de copra X^α por el coeficiente de transformación α , este coeficiente es la cantidad de toneladas de copra necesarias para producir una tonelada de aceite de coco, el modelo consideró que todas las plantas tenían el mismo coeficiente de transformación.

La ecuación 4 establece que la oferta de aceite de las empresas debe ser menor o igual a la capacidad instalada de las plantas, es decir las plantas no pueden vender más aceite de coco del que les es posible producir.

La ecuación 5 muestra cómo se distribuye el aceite de coco, y se establece como la suma de los envíos de aceite de coco producido en las empresas j , y la cantidad

importada desde las fronteras k debe ser mayor o igual a la demanda de cada estado consumidor l ; esta restricción muestra que no debe dejarse demanda sin satisfacer.

Finalmente, la ecuación 6 indica las condiciones de no negatividad dentro del modelo.

6.3. Datos y fuentes de información

A continuación, se muestran las fuentes de información utilizadas para alimentar el modelo de utilizado en este estudio. Las variables exógenas del modelo son: la oferta de copra de las regiones productoras, los costos de producción para las distintas tecnologías, el coeficiente de transformación de copra a aceite de coco, el costo de producción del aceite de coco, los precios del aceite en el mercado internacional (precios calculados en frontera), la demanda de aceite de coco para cada estado, y los costos de transporte de las regiones productivas a las empresas elaboradoras de aceite de coco, y de las empresas y fronteras a los centros de consumo. Las variables endógenas son las rutas y envíos de las regiones productivas de copra y aceite de coco; y las importaciones de aceite de coco necesarias para satisfacer de la demanda.

6.3.1. Rendimientos, producción, costos de producción y precios al productor de copra.

Para obtener la información necesaria sobre el rendimiento de copra por hectárea (Tabla 5), para los distintos tipos de producción se consultaron los planes de cultivo reportados por el sistema de agrocostos (FIRA, 2020), distintos paquetes productivos oficiales (INIFAP, 2020), e información de los productores de copra del municipio de Tecomán. Todos los paquetes tecnológicos fueron analizados

bajo una producción con uso de fertilizantes naturales y/o sintéticos dependiendo el tipo de producción; el uso de la variedad palma de coco enano, la cual es ideal para la producción de copra debido a su rendimiento y resistencia a enfermedades (Palma de Coco, 2020), y riego por bombeo debido a que el riego tradicional ha demostrado ser ineficiente ya que la humedad excesiva propicia enfermedades y es un vector en la pudrición de las palmas.

De acuerdo con estas fuentes en promedio una hectárea cuenta con cerca de 120 palmas de coco para todas las tecnologías; sin embargo, la productividad de estas es distinta; para el caso de la producción real (la que se observa actualmente), se obtienen únicamente 8340 nueces por hectárea (aproximadamente 70 nueces por palma), debido a condiciones que reducen su productividad, como palmas viejas, plagas o enfermedades; bajo un esquema de producción orgánica, se obtienen 14400 nueces por hectárea durante un ciclo productivo (120 nueces por palma), el fin de esta es cumplir con las normas de la SOMEXPRO; para la producción tradicional el rendimiento es un poco mayor con 15000 nueces (125 nueces por palma). A diferencia de la producción orgánica, la tradicional utiliza agroquímicos, sin embargo, de acuerdo a los productores del estado de Colima, debido al bajo grado de inversión, rara vez es las dosis son óptimas por lo que el rendimiento no cambia mucho; y finalmente para la producción intensiva se obtienen 18600 nueces por hectárea (155 por palma) siendo la mayor debido a que el nivel de aplicación de agroquímicos y el uso de prácticas agrícolas tiene como finalidad optimizar la producción.

El rendimiento de la producción también es distinto al analizar la cantidad de copra útil que puede obtenerse de cada nuez; en este caso el rendimiento está entre 240 y 270 gramos dependiendo el tipo de producción, siendo la mejor la producción orgánica y la peor la producción real, la diferencia proviene del manejo postcosecha, debido a que la copra orgánica tiene una menor cantidad de humedad e imperfecciones comparado a las otras tecnologías, el rendimiento por nuez tiende a ser mayor.

El rendimiento de copra por hectárea para cada tecnología se calculó multiplicando la cantidad de nueces por hectárea obtenidas bajo cada modalidad de producción, por la cantidad de copra útil obtenida de cada una de ellas, los resultados demuestran que la forma de producción más eficiente de producción es la intensiva, seguida de la orgánica, tradicional y finalmente la real (Cuadro 5).

Cuadro 5 Rendimientos por hectárea de copra bajo distintos tipos de producción.

Concepto	Unidad	Tipo De Producción			
		Real	Tradicional	Intensivo	Orgánico
Densidad De Plantación	Palmas/Ha	120	120	120	120
Rendimiento	Nueces/Palma	70	125	155	120
Producción	Nueces/Ha	8340	15000	18600	14400
Rendimiento De Copra	Kg/Nuez	0.24	0.251	0.257	0.27
Rendimiento De Copra	Ton/Ha	2.001	3.765	4.78	3.888

Fuente: Elaboración propia con información de INIFAP (2020), FIRA (2020), SIAP (2020) y productores del estado de Colima.

La producción de copra (Cuadro 6) se obtuvo multiplicando el rendimiento por las hectáreas sembradas reportadas por las fuentes oficiales de cada región productiva (SIAP, 2020), para calcular la producción de copra que existiría usando los modos de producción tradicional intensivo y orgánico, se multiplicó la superficie sembrada por el rendimiento calculado en este estudio.

La información obtenida muestra que los estados donde se concentra la mayor producción de copra, son Guerrero y Tabasco. La razón para considerar el estado de Colima, es debido a que en este se encuentran Armería y Tecomán, los cuales son los municipios con mayor producción nacional, y a que en este estado existen empresas dedicadas a la producción de aceite de coco por lo que la importancia del estado se consideró mayor a pesar de no ser el principal productor nacional.

Cuadro 6 Producción de copra por región productiva en toneladas.

Estado	Producción En Toneladas			
	Real	Tradicional *	Intensiva *	Orgánica *
Campeche	354.57	655.11	831.754	676.512
Chiapas	805.1	3237.9	4110.972	3343.68
Armería **	5439	20477.835	25999.507	21146.832
Coquimatlán **	160	602.4	764.832	622.08
Ixtlahuacán **	47	176.955	224.669	182.736
Tecomán **	8794	33109.41	42037.078	34191.072
Guerrero	187963.87	314393.69	399167.255	324664.71
Jalisco	1317.64	3034.59	3852.8412	3133.728
Michoacán	2872.65	10843.2	13766.976	11197.44
Oaxaca	8772.83	30383.55	38576.214	31376.16
Tabasco	10749.51	47144.501	59856.612	48684.680
Veracruz	1020.26	5677.62	7208.5416	5863.104
Total	228296.43	469736.76	596397.25	485082.743

* Cálculo

** Municipios pertenecientes al estado de Colima

Fuente: Elaboración propia con información de (INIFAP, 2020) y productores.

Los costos de producción para las cuatro tecnologías se obtuvieron dividiendo los costos de producción por hectárea entre el rendimiento (Cuadro 7), los costos se dividen en: fertilización que son aquellos materiales naturales o sintéticos que aportan nutrientes a las plantas, como se puede observar la producción real y orgánica son las tecnologías que requieren una mayor cantidad de estos productos, la producción real requiere una gran cantidad debido las condiciones actuales de las palmas, la cual obliga a los productores a utilizar una gran cantidad de fertilizantes para poder ser productivas; en cuanto a la tecnología orgánica el costo elevado es debido a que los productos que cumplen con los

estándares de la SEMEXPRO son más costosos; el control fitosanitario son aquellos productos y labores enfocadas a la prevención, combate y reducción de plagas y enfermedades, en este apartado al igual que con los fertilizantes son la producción real y orgánica las que requieren una mayor inversión; las labores culturales son aquellas actividades de mantenimiento o cuidado que le dan a la palma de coco durante el ciclo productivo, en este caso es la producción tradicional y orgánica las formas de producción que requieren mayor cuidado, debido a que una de las características de la producción tradicional es la baja inversión en agroquímicos, esta se compensa con un mayor cuidado por parte de los productores, ya sea para prevenir o aminorar el impacto de las plagas y enfermedades o por la disponibilidad de mano de obra debido a que se trata comúnmente de agricultura familiar, en cuanto a la producción orgánica se requiere una mayor cantidad de actividades para asegurar la salud de las palmas de coco. La cosecha y el procesamiento se refiere a las actividades de recolección de nuez de coco, el secado de la copra y el manejo de la misma en los patios de secado, la copra orgánica requiere una mayor inversión en este ámbito debido a que debe cumplir con estándares de calidad más altos, mientras que la tradicional menor debido que la producción es menor, en cuanto a la intensiva el menor costo se explica debido al mayor rendimiento que esta técnica presenta.

Cuadro 7 Costos de producción de copra bajo distintas tecnologías en pesos por tonelada.

Concepto	Real	Real %	Tradicional	Tradicional%	Intensiva	Intensiva %	Orgánica	Orgánica%
Fertilizantes	1691.5	23%	645.42	13%	678.42	14%	841.05	13%
Control Fitosanitario	1580	22%	339.44	7%	777.37	16%	1076.13	16%
Labores Culturales	1775	24%	2114.74	43%	1912.05	38%	2515.43	38%
Cosecha	1500	20%	1195.22	24%	972.76	20%	1195.99	18%
Procesamiento	788.5	11%	677.29	14%	627.59	13%	977.37	15%
Total	7333.33	100%	4972.11	100%	4968.20	100%	6605.97	100%

Fuente: Elaboración propia con información de (INIFAP, 2020), (FIRA, 2020), (SIAP, 2020) y productores.

Finalmente, los precios al productor por tonelada de copra (Cuadro 8) se obtuvieron analizando los precios de venta a nivel de finca de manera oficial (SIAP, 2020), cabe destacar que se tomó un precio único para los cuatro tipos de producción, si bien la copra orgánica tiene una mayor calidad y cumple con estándares de calidad más altos, no se encontró evidencia que conduzca a creer que este tipo de productores obtengan un mejor precio. Los estados que presentaron un mayor precio son Tabasco y Guerrero, siendo también estos estados los que presentan una mayor producción, lo que nos lleva a pensar que son estos estados los que presentan una mejor calidad de copra o bien cuentan con contratos con las empresas aceiteras y por tanto obtienen un mejor precio por su producto.

Cuadro 8 Precio de la copra en los estados o regiones productivas (pesos por tonelada).

Estado o Región productora	Precio
Campeche	2683.7
Chiapas	4227.08
Armería	7191.49
Coquimatlán	7191.49
Ixtlahuacán	7191.49
Tecomán	7191.49
Guerrero	9127.3
Jalisco	8214.91
Michoacán	7441.37
Oaxaca	7111.85
Tabasco	9494.07
Veracruz	8443.05

Fuente: Elaboración propia con información del (SIAP, 2020).

6.3.2. Producción, costos de producción y precios al productor de aceite de coco

La producción de aceite de coco es una variable endógena en el modelo, para calcularla se multiplican los envíos de copra que cada empresa registra multiplicada por el coeficiente de transformación (Cuadro 9), el coeficiente de transformación es la cantidad de copra que en promedio se requiere para producir cierta cantidad de aceite de coco, en el caso de este estudio todas las empresas registraron el mismo coeficiente debido a que utilizan tecnologías y procesos similares, se consideraron las principales empresas dedicadas a la producción y venta de aceite de coco reportadas por INEGI (DENUE, 2020) estas fueron: Calahua, A De Coco, San Lucas, Campo Vivo, Soy Aceite De Coco, Deicoco e Icosa.

Cuadro 9 Coeficientes de transformación para distintos productos derivados de COCO.

Producto Obtenido	Producto Necesario
1-Tonelada Métrica De Copra Seca	7000-Cocos
1-Tonelada Métrica De Aceite De Coco	1560-Kg De Copra/11000-Nueces De Coco
1-Tonelada Métrica De Coco Seco	10000-Cocos
1-Tonelada Métrica De Hojuelas De Coco	10000-Cocos
1-Tonelada Métrica Polvo Para Leche De Coco	16666-Cocos
1-Tonelada Métrica Polvo De Cascara De Coco	12000-Cascara De Coco
1-Tonelada Métrica Carbón Vegetal De Coco	30000-Cascara De Coco
1-Tonelada Métrica Carbón Activado	90000-Cascara De Coco / 3-Toneladas Métricas De Carbón Vegetal De Coco

Fuente: International Coconut Community (2020).

Para calcular el costo de producción se analizaron varios estudios sobre la producción de aceite a nivel industrial, de acuerdo con estas la copra pasa por varios procesos de industrialización (Abaunza Chávez, Callejas Rojas, & Villegas Olalez, 2004); se comienza con la recepción de la copra para pesarla y revisar su calidad y pureza; en caso de existir impurezas estas se eliminan y la copra pasa por un molino de discos para reducir su tamaño. Una vez limpia y molida, la copra pasa a un secador de aire para reducir su humedad sin sobrepasar los 60 grados centígrados ya que eso afecta las propiedades y calidad del producto. Una vez seca la copra se utiliza Hexano como solvente para solubilizar el aceite de coco y extraerlo, obteniendo así, una mezcla de aceite con hexano y pasta residual. Finalmente, la mezcla pasa por un proceso de evaporación para obtener aceite puro de coco y pasta que al ser secada puede ser utilizada para obtener subproductos como harina o azúcar de coco (Figura 16).

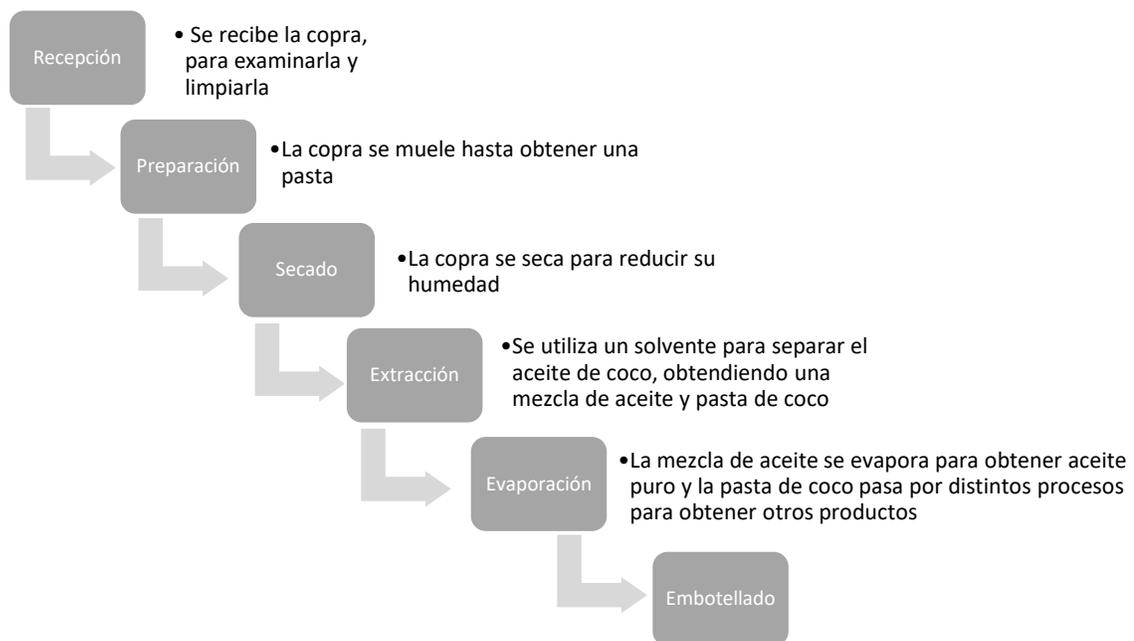


Figura 16 Proceso de producción de aceite de coco.

Fuente: Elaboración propia con información de (Abaunza Chávez, Callejas Rojas, & Villegas Olalez, 2004).

Para el cálculo del costo de producción por tonelada de aceite de coco se consideraron los gastos de adquisición de maquinaria y equipo para la operación de una planta industrial necesaria para este proceso, también se considera la renta de la tierra y mano de obra, los costos de del Hexano utilizado como solvente, la maquinaria necesaria para el proceso de “evaporación flash” y el extractor Kennedy usado para obtener el aceite de coco. Finalmente se consideró el costo de empaque y embotellado de aceite de coco. De acuerdo con estos datos el costo de producción de un kilo de aceite de coco es aproximadamente \$28.83 pesos por kilo o \$2,883 pesos por tonelada.

Para obtener la información sobre los precios al productor de aceite de coco se consultó a los productores de copra asociados a la COECOCO A.C. ya que algunos de ellos reportaron producir aceite de coco a pequeña escala, por lo que esa información se consideró para proyectar el precio de aceite al productor, para comprobar que dicha información fuera confiable se comparó con el precio de aceite reportado por distintas cadenas comerciales mayoristas, se consideró un precio de venta de 200,000 por tonelada de aceite de coco.

6.3.3. Demanda estatal de aceite de coco

Para determinar la demanda de cada estado se calculó el consumo aparente promedio de México durante el periodo 2015-2018, sumándole a la producción nacional de aceite de coco (FAS, 2020), las importaciones y restándole las exportaciones (SIAVI, 2020) para cada uno de estos años, el resultado obtenido se dividió entre la población reportada por fuentes oficiales (INEGI, 2020) y con ello se obtuvo un consumo per cápita de 1.8 kilos de aceite de coco por persona a nivel nacional, el cual está muy cerca de los estimados por otros estudios de este producto (INDEXBOX, 2020), los resultados muestran que la mayor parte del consumo se ubica en la región central de México (Cuadro 10), lo cual explica en cierto grado que algunas de las empresas se ubiquen en este lugar.

Cuadro 10 Consumo regional de aceite de coco, población en personas y consumo en toneladas.

Estado	Población	Proporción	Consumo De Aceite De Coco
Aguascalientes	1,341,532	1%	2416.545
Baja California	3,695,205	3%	6656.292
Baja California Sur	710,269	1%	1279.431
Campeche	926,989	1%	1669.815
Chiapas	5,307,917	4%	9561.322
Chihuahua	3,832,073	3%	6902.837
Coahuila	3,002,814	2%	5409.066
Colima	717,417	1%	1292.306
Ciudad de México	9,340,174	8%	16824.757
Durango	1,727,068	1%	3111.023
Guanajuato	5,939,028	5%	10698.163
Guerrero	3,670,791	3%	6612.314
Hidalgo	2,884,428	2%	5195.813
Jalisco	8,078,449	7%	14551.971
México	17,259,846	14%	31090.719
Michoacán	4,613,206	4%	8309.917
Morelos	1,985,228	2%	3576.055
Nayarit	1,146,746	1%	2065.671
Nuevo León	5,172,503	4%	9317.397
Oaxaca	4,092,677	3%	7372.271
Puebla	6,439,192	5%	11599.125
Querétaro	2,067,805	2%	3724.804
Quintana Roo	1,590,093	1%	2864.286
San Luis Potosí	2,808,671	2%	5059.350
Sinaloa	3,004,881	2%	5412.789
Sonora	2,933,635	2%	5284.452
Tabasco	2,473,673	2%	4455.907
Tamaulipas	3,650,502	3%	6575.767
Tlaxcala	1,314,868	1%	2368.514
Veracruz	8,167,116	7%	14711.690
Yucatán	2,179,649	2%	3926.272
Zacatecas	1,556,414	1%	2803.619
TOTAL	123630859	100%	222700.263

Fuente: Elaboración propia con información de fuentes oficiales, (FAS, 2020), (INEGI, 2020), (SIAVI, 2020).

6.3.4. Precios y cantidades de las importaciones de aceite de coco

El precio de las importaciones se obtuvo de los precios reportados para el aceite de coco en frontera, los principales puertos de importación son Manzanillo en Colima y en Piedras Negras, Coahuila. De acuerdo con la Ley de impuestos Generales de Importación y de Exportación (SIICEX, 2020) el aceite de coco está considerado dentro de la fracción 15131101, y cuenta con un arancel del 16% a todos los productos importados, la mayoría de estos provenientes de Filipinas e Indonesia, la mayoría de las marcas importadas no cuentan con una mejor calidad que los producidos a nivel nacional, y carecen de certificaciones que los avale como productos que cumplan con parámetros en su producción, sin embargo su precio de venta resultó de \$13,997.5379 por tonelada, siendo menor al del aceite nacional.

Como se explicó, la cantidad importada de aceite de coco está programada como una variable endógena dentro del modelo, éste decide de cuál de las dos fronteras se debe importar el aceite de coco faltante para satisfacer las demandas de aquellas regiones donde la producción nacional haya sido insuficiente, el criterio es minimizar el costo de transporte de las fronteras a los centros de consumo. Para saber si el modelo estaba calculando de manera realista las cantidades, se compraron las importaciones del modelo a las observadas en los datos oficiales, los resultados mostraron ser bastante similares en cantidades y proporciones.

6.3.5. Costos de transporte

Los costos de transporte se calcularon considerando el gasto del flete necesario para transportar una tonelada de copra o aceite de coco de la región productora a los lugares donde se demandan dichos productos, las variables consideradas

fueron el costo del diésel, las casetas, el costo del operador y el costo del seguro de transporte.

El gasto de diésel se calculó considerando la distancia de cada ruta reportada por la SCT (SCT, 2020), por el consumo que tendría un camión de tres ejes, los cuales son los más usados para el transporte de copra y aceite de coco, la distancia de transporte de copra es de los municipios con mayor producción de copra de cada estado a las empresas productoras, y de las empresas productoras a los municipios de mayor población en los estados consumidores. Para el caso de las importaciones la distancia es de la frontera a los municipios consumidores.

El precio del diésel se consideró calculando el promedio de los precios durante el periodo 2015-2018 de acuerdo con los datos de los precios de gasolinas y diésel reportados por los permisionarios (CRE, 2020), para las regiones de transporte. Y el costo de operarios y seguros se cotizó utilizando la empresa Fletes México.

El mercado de copra consideró 12 centros de producción siendo estos: Campeche, Chiapas, Armería, Coquimatlán, Ixtlahuacán, Tecomán, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Tabasco y Veracruz; y 7 empresas producciones de aceite de coco ubicadas en: Calahua (Lerma, Estado de México), A De Coco (Armería, Colima), San Lucas (Iztacalco, Ciudad de México), Campo Vivo (Colima, Colima), Soy Aceite De Coco (Zapopan, Jalisco), DEICOCO (Tecomán, Colima) e ICOSA (Miguel Hidalgo, Ciudad de México), y 32 regiones consumidoras, una para cada estado y la Ciudad de México, se consideró como lugar de llegada el municipio con mayor población de acuerdo al INEGI.

Costo de Transporte

$$Ct_{ij}^{\alpha,\beta} = \frac{C_{ij}^{\alpha,\beta}}{Q_{ij}^{\alpha,\beta}}$$

Donde Ct es el costo de transporte por tonelada de copra (α) o aceite de coco (β) de la región i a la región j, Ci es el costo de transporte de un contenedor de copra

(α) o aceite de coco (β) de la región i a la región j , Q es la cantidad copra (α) o aceite de coco (β) por contenedor que puede ser transportado.

Las matrices de costos de transporte para la copra y aceite de coco se encuentran de manera detallada al final de la tesis en el Anexo 1 y 2 respectivamente, cabe destacar que existen otros tipos de costos involucrados en el transporte, como costos de maniobra, transacción, acomodo en anaqueles, etcétera, sin embargo, estos no incrementan de manera significativa el precio final del producto, por lo que no se consideraron para el cálculo del precio de transporte en este trabajo.

7. RESULTADOS DE LOS ESCENARIOS DEL MODELO

Los resultados del presente trabajo reflejan el análisis del mercado de copra y aceite de coco en conjunto, ante distintas circunstancias utilizando tres distintos tipos de tecnología derivados del nivel de inversión que los productores de copra pueden tener, el modelo creado para este objetivo nos permitió analizar 12 escenarios: los primeros cuatro escenarios corresponden a un mercado donde la producción y la cantidad demandada de aceite de coco reflejan las condiciones reales del mercado en el periodo 2015-2018, las siguientes muestran un incremento de la cantidad demandada de aceite de coco de un 10%, y las últimas un incremento en la capacidad productiva de la industria aceitera nacional.

De acuerdo con la tabla de ganancias totales del mercado (Cuadro 17), obtenidas por el software LINGO el modo de producción intensivo es el que genera la mayor ganancia en todos los escenarios. Los Cuadros 11, 13 y 15, muestran el resultado de las cantidades enviadas de los estados productores de copra a las plantas de producción de aceite, los excedentes es decir la copra sobrante si es que existe, y la ganancia para cada uno, cabe destacar que es natural esperar un valor negativo, debido a que el modelo solo considera la ganancia por venta de copra y descarta ingresos derivados de la venta de los otros subproductos, de igual

manera no considera las transferencias económicas gubernamentales como apoyos y subsidios que pueden tener los productores. Los Cuadros 12, 14 y 16 son los resultados para el mercado de aceite de coco, muestran los envíos totales de las plantas productoras a los estados consumidores y ganancias que obtienen, y la cantidad y costo de las importaciones, finalmente el cuadro 17 presenta las ganancias totales de cada tipo de producción dados los escenarios planteados. Diagramas de flujo para los escenarios planteados se encuentran en los Anexos para facilitar su interpretación.

Cuadro 11 Resultados del modelo base para el mercado de copra, envíos y sobrantes en toneladas, ganancias en millones de pesos.

Mercado de la copra - Situación base											
Estado	Real		Tradicional			Intensivo			Orgánico		
	Envíos	Ganancia	Envíos	Sobrante	Ganancia	Envíos	Sobrante	Ganancia	Envíos	Sobrante	Ganancia
Campeche	354.6	-1.8	0	655.1	-3.3	0	831.8	-4.1	0	676.5	-4.5
Chiapas	805.1	-4.1	0	3237.9	-16.1	0	4111.0	-20.4	0	3343.7	-22.1
Armería	5439.0	-25.4	0	20477.8	-101.8	0	25999.5	-129.2	0	21146.8	-139.7
Coquimatlán	160.0	-0.7	0	602.4	-3.0	0	764.8	-3.8	0	622.1	-4.1
Ixtlahuacán	47.0	-0.2	0	177.0	-0.9	0	224.7	-1.1	0	182.7	-1.2
Tecomán	8794.0	-40.9	0	33109.4	-164.6	0	42037.1	-208.8	0	34191.1	-225.9
Guerrero	187963.9	-914.7	234522.2	0.0	-778.7	221810.1	87856.8	-1206.1	232982	2182.3	-1340.3
Jalisco	1317.6	-6.3	0	0.0	-7.4	0	3852.8	-19.1	0	3133.7	-20.7
Michoacán	2872.7	-13.6	0	9926.5	-51.5	0	13767	-68.4	0	11197.4	-74
Oaxaca	8772.8	-43.3	0	30383.6	-151.1	0	38576.2	-191.7	0	31376.2	-207.3
Tabasco	10749.5	-53.3	47144.5	0	-122.6	59856.6	0	-155.4	48684.7	0	-206.2
Veracruz	1020.3	-5.0	0	0	-14.4	0	7208.5	-35.8	0	5863.1	-38.7
TOTAL	228296.4	-1109.5	281666.7	98569.6	-1415.4	281666.7	225230.1	-2044.0	281666.7	113915.6	-2284.5

Fuente: Elaboración propia con resultados del programa de Lingo.

7.1. Modelo base – copra

Los resultados para el modelo base (Cuadro 11), es decir aquel donde la demanda y la capacidad instalada son las observadas en la realidad. Siendo los estados con mayor potencial de distribución Guerrero y Tabasco lo cual concuerda con la realidad. Solución que se obtiene debido a su ubicación con respecto a la industria la cual los beneficia al tener bajos costos de transporte, de acuerdo con el modelo si Guerrero logra incrementar su producción, los demás estados cercanos (en especial Colima y Jalisco), se volverían prescindibles lo cual podría ser devastador para estos debido a la importancia económica que estos representan.

Cuadro 12 Resultados del modelo base para el mercado de aceite de coco, envíos en toneladas, ganancias en millones de pesos.

Mercado del aceite de coco - Situación base									
Empresas	Real		Tradicional		Intensivo		Orgánico		
	Envíos	Ganancia	Envíos	Ganancia	Envíos	Ganancia	Envíos	Ganancia	
Calahua	30000	5129.61	30000	5129.62	30000	5131.49	30000	5131.49	
A De Coco	29978	5122.65	30000	5127.79	30000	5126.47	30000	5126.13	
San Lucas	25000	4274.22	25000	4275.32	25000	4272.14	25000	4272.14	
Campo Vivo	5000	854.41	21000	3588.66	21000	3588.88	21000	3588.88	
Soy Aceite De Coco	5000	855.84	21000	3593.74	21000	3593.69	21000	3593.03	
Deicoco	21000	3588.00	21000	3587.93	21000	3589.08	21000	3590.09	
Icosa	21000	3592.78	21000	3591.67	21000	3592.99	21000	3592.99	
TOTAL	136978	23417.51	169000	28894.73	169000	28894.74	169000	28894.73	
Puerto De Importación	Real		Tradicional		Intensivo		Orgánico		
	Envíos	Costo	Envíos	Costo	Envíos	Costo	Envíos	Costo	
Manzanillo	39840.8	565	7818.7	110	7818.7	110	7818.7	110	
Piedras Negras	45881.6	658.6	45881.6	658.6	45881.6	658.6	45881.6	658.6	
TOTAL	85722.4	1223.6	53700.3	768.6	53700.3	768.6	53700.3	768.6	

Fuente: Elaboración propia con resultados del programa de Lingo.

7.2. Modelo base - aceite de coco

En cuanto al mercado del aceite de coco, en el modelo base (Cuadro 12) se muestra que las principales marcas son aquellas que obtienen una mayor ganancia, siendo Campo Vivo y Soy Aceite de Coco las que menos envíos realizan. Es notable que, al analizar las tecnologías, tradicional, intensiva y orgánica, todas las empresas son capaces de producir en su punto máximo; sin embargo, las cantidades importadas no cambian aun cuando existe la copra suficiente para producir el aceite demandado, por lo que es correcto asumir que esa limitante en la industria impide que el mercado de aceite de coco nacional alcance su máximo potencial.

Cuadro 13 Resultados del modelo con un incremento en 10% de la demanda para el mercado de copra, envíos y sobrantes en toneladas, ganancias en millones de pesos.

Mercado de la copra - Incremento 10% demanda de aceite de coco											
Estado	Real		Tradicional			Intensivo			Orgánico		
	Envíos	Ganancia	Envíos	Sobrante	Ganancia	Envíos	Sobrante	Ganancia	Envíos	Sobrante	Ganancia
Campeche	354.6	-1.8	0	655.1	-3.3	0	831.8	-4.1	0	676.5	-4.5
Chiapas	805.1	-4.1	0	3237.9	-16.1	0	4111	-20.4	0	3343.7	-22.1
Armería	5439	-25.4	0	20477.8	-101.8	0	25999.5	-129.2	0	21146.8	-139.7
Coahuila	160	-0.7	0	602.4	-3.0	0	764.8	-3.8	0	622.1	-4.1
Ixtlahuacán	47	-0.2	0	177	-0.9	0	224.7	-1.1	0	182.7	-1.2
Tecomán	8794	-41.0	0	33109.4	-164.6	0	42037.1	-208.8	0	34191.1	-225.9
Guerrero	187963.9	-910.6	234522.2	79871.5	-978.2	221810.1	177357.2	-1429.3	232982	91682.7	-1563.5
Jalisco	1317.6	-6.3	0	3034.6	-15.1	0	3852.8	-19.1	0	3133.7	-20.7
Michoacán	2872.7	-13.6	0	10843.2	-53.9	0	13767	-68.4	0	11197.4	-74.0
Oaxaca	8772.8	-43.3	0	30383.6	-151.1	0	38576.2	-191.7	0	31376.2	-207.3
Tabasco	10749.5	-53.3	47144.5	0	-122.6	59856.6	0	-155.4	48684.7	0	-206.2
Veracruz	1020.3	-5	0	5677.6	-28.2	0	7208.5	-35.8	0	5863.1	-38.7
TOTAL	228296.4	-1105.5	281666.7	188070.1	-1638.8	281666.7	314730.6	-2267.2	281666.7	203416.1	-2507.7

Fuente: Elaboración propia con resultados del programa de Lingo.

7.3. Incremento demanda de aceite de coco 10% - copra

Los resultados para un escenario donde la demanda de aceite de coco tiene un incremento de 10% (Cuadro 13) son muy similares a los del modelo base; los estados de Guerrero y Tabasco resultaron ser los que tienen prioridad en la distribución de copra según el modelo; se observa que los envíos de los estados productores a las empresas no se incrementaron a pesar del incremento en la demanda de aceite de coco, esto debido a la limitante en la capacidad de transformación de coco.

Cuadro 14 Resultados del modelo con un incremento en 10% de la demanda para el mercado de aceite de coco, envíos en toneladas, ganancias en millones de pesos.

Mercado del aceite de coco - Incremento 10% demanda de aceite de coco								
Empresas	Real		Tradicional		Intensivo		Orgánico	
	Envíos	Ganancia	Envíos	Ganancia	Envíos	Ganancia	Envíos	Ganancia
Calahua	30000	5130	30000	5131.16	30000	5131.16	30000	5131.16
A De Coco	29977	5122	30000	5126.07	30000	5126.07	30000	5126.07
San Lucas	25000	4279	25000	4271.98	25000	4271.98	25000	4271.98
Campo Vivo	5000	854	21000	3588.89	21000	3588.89	21000	3588.89
Soy Aceite De Coco	5000	856	21000	3593.09	21000	3593.74	21000	3593.09
Deicoco	21000	3588	21000	3589.69	21000	3589.03	21000	3589.69
Icosa	21000	3588	21000	3593.14	21000	3593.14	21000	3593.14
TOTAL	136978	23417	169000	28894	169000	28894	169000	28894
Puerto De Importación	Real		Tradicional		Intensivo		Orgánico	
	Envíos	Costo	Envíos	Costo	Envíos	Costo	Envíos	Costo
Manzanillo	44659.4	633.6	12637.2	178.5	12637.2	178.5	12637.2	178.5
Piedras Negras	47132	676.6	47132	676.6	47132	676.6	47132	676.6
TOTAL	91791.3	1310.2	59769.2	855.1	59769.2	855.1	59769.2	855.1

Fuente: Elaboración propia con resultados del programa de Lingo.

7.4. Incremento demanda de aceite de coco 10% - aceite de coco

Para el mercado de aceite de coco si la demanda de este producto se incrementa un 10% (Cuadro 14), se puede observar que todas las plantas trabajan a su máxima capacidad, sin embargo, esta no es suficiente para satisfacer el aumento en la demanda, por lo que se incrementan las importaciones reduciendo la ganancia potencial del mercado. Al comparar con la situación anterior, el modelo indica que un incremento en la demanda de aceite de coco resulta ser perjudicial en todos los escenarios, a pesar del incremento en la producción de copra derivado de la aplicación de técnicas más eficientes.

Cuadro 15 Resultados del modelo con un incremento en 10% de la capacidad productiva para el mercado de copra, envíos y sobrantes en toneladas, ganancias en millones de pesos.

Mercado de la copra - Incremento 10% capacidad productiva de la industria											
Estado	Real		Tradicional			Intensivo			Orgánico		
	Envíos	Ganancia	Envíos	Sobrante	Ganancia	Envíos	Sobrante	Ganancia	Envíos	Sobrante	Ganancia
Campeche	354.6	-1.8	0	655.1	-3.26	0	831.8	-4.1	0	676.5	-4.5
Chiapas	805.1	-4.1	0	3237.9	-16.10	0	4111	-20.4	0	3343.7	-22.1
Armería	5439	-25.4	0	20477.8	-101.82	0	25999.5	-129.2	0	21146.8	-139.7
Coquimatlán	160	-0.7	0	602.4	-3.00	0	764.8	-3.8	0	622.1	-4.1
Ixtlahuacán	47	-0.2	0	177	-0.88	0	224.7	-1.1	0	182.7	-1.2
Tecomán	8794	-40.9	0	33109.4	-164.62	0	42037.1	-208.8	0	34191.1	-225.9
Guerrero	187963.9	-914.7	314393.7	0	-778.66	311310.5	87856.8	-1206.1	322482.4	2182.3	-1340.3
Jalisco	1317.6	-6.3	3034.6	0	-7.42	0	3852.8	-19.1	0	3133.7	-20.7
Michoacán	2872.7	-13.6	916.7	9926.5	-51.55	0	13767.0	-68.4	0	11197.4	-74.0
Oaxaca	8772.8	-43.3	0	30383.6	-151.07	0	38576.2	-191.7	0	31376.2	-207.3
Tabasco	10749.5	-53.3	47144.5	0	-122.60	59856.6	0	-155.4	48684.7	0	-206.2
Veracruz	1020.3	-5	5677.6	0	-14.45	0	7208.5	-35.8	0	5863.1	-38.7
TOTAL	228296.4	-1109.5	371167.1	98569.6	-1415.4	371167.1	225230.1	-2044.0	371167.1	113915.6	-2284.5

Fuente: Elaboración propia con resultados del programa de Lingo.

7.5. Incremento 10% capacidad productiva de la industria – copra

En el caso del escenario donde el mercado de copra experimenta en una situación donde la capacidad de producción se incrementa un 10% para cada planta (Cuadro 15), para el caso de la solución base la distribución no cambia, para el caso de la tecnología tradicional, los estados de Jalisco, Michoacán, Y Veracruz, distribuyen una parte de su producción, ya que los estados de Guerrero y Tabasco son incapaces de satisfacer la demanda de copra por parte de las empresas; para las otras dos tecnologías podemos observar que Guerrero y Tabasco son capaces por sí solos de cumplir con dicha demanda.

Cuadro 16 Resultados del modelo con un incremento en 10% de la capacidad productiva para el mercado de aceite de coco, envíos en toneladas, ganancias en millones de pesos.

Mercado de la copra-incremento 10% capacidad productiva industria								
	Real		Tradicional		Intensivo		Orgánico	
Empresas	Envíos	Ganancia	Envíos	Ganancia	Envíos	Ganancia	Envíos	Ganancia
Calahua	40000	6844.40	40000	6844.40	40000	6844.40	40000	6844.40
A De Coco	5000	854.46	40000	6835.19	40000	6835.19	40000	6835.19
San Lucas	35000	5983.04	35000	5984.56	35000	5984.56	35000	5984.56
Campo Vivo	5000	854.14	35000	5976.75	35000	5976.75	35000	5976.75
Soy Aceite De Coco	5000	855.84	22700	3883.56	22700	3883.56	22700	3883.56
Deicoco	21978	3755.70	25000	4270.58	25000	4270.58	25000	4270.58
Icosa	25000	4277.38	25000	4275.87	25000	4275.87	25000	4275.87
TOTAL	136978	23425	222700	38071	222700	38071	222700	38071
	Real		Tradicional		Intensivo		Orgánico	
Puerto De Importación	Envíos	Costo	Envíos	Costo	Envíos	Costo	Envíos	Costo
Manzanillo	39840.8	565.0	0	0	0	0	0	0
Piedras Negras	45881.6	658.6	0	0	0	0	0	0
TOTAL	85722.4	1223.6	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia con resultados del programa de Lingo.

7.6. Incremento 10% capacidad productiva de la industria – aceite de coco

Finalmente, para el mercado de aceite de coco, de acuerdo con el modelo cuando la capacidad productiva de las empresas se incrementa un 10% (Cuadro 16), se observó que cuando se incrementa el rendimiento por hectárea derivado del uso de técnicas más eficientes (producción tradicional, intensiva y orgánica), las plantas son capaces de abastecer al mercado interno por completo, eliminando por completo la necesidad de importar aceite de coco. Esto tiene como consecuencia directa un incremento en su margen de ganancias y por lo tanto una mejora en la situación del mercado.

Cuadro 17 Ganancia total del mercado de copra y aceite de coco, millones de pesos.

Ganancia del mercado de copra y aceite de coco	
Modelo Base	22504.83
Modelo Tradicional	29254.73
Modelo Intensivo	29259.47
Modelo Orgánico	28794.97
Modelo Base Incremento Demanda	21294.63
Modelo Tradicional Incremento Demanda	29167.55
Modelo Intensivo Incremento Demanda	29172.29
Modelo Orgánico Incremento Demanda	28707.79
Modelo Base Incremento Capacidad Productiva	22508.3
Modelo Tradicional Incremento Capacidad Productiva	39546.34
Modelo Intensivo Incremento Capacidad Productiva	39559.5
Modelo Orgánico Incremento Capacidad Productiva	38948.42

Fuente: Elaboración propia con resultados del programa de Lingo.

7.7. Ganancia total del mercado de copra y aceite de coco

Al analizar las ganancias totales del mercado para cada escenario planteado obtenidas por el programa LINGO (Cuadro 17), observamos que el mayor valor se alcanza cuando se utiliza una producción intensiva en conjunto a un incremento en la capacidad instalada de las empresas; y el menor cuando se incrementa la demanda bajo una producción base; esto debido a que se necesita una mayor cantidad de importaciones para satisfacer la demanda, lo cual implica un mayor costo en su importación y distribución. También es notable que los mejores resultados se obtienen cuando se incrementa la capacidad productiva, a excepción de la situación base, la cual no presenta mejora significativa.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

El modelo determinó que los estados más aptos para la distribución de copra son Guerrero y Tabasco, debido a los bajos costos de transporte que presentan hacia las plantas de producción de aceite de coco, esto se cumple para todos los escenarios y tipos de producción

Al comparar los resultados de ganancias escenarios, se obtiene una mayor ganancia cuando se incrementa la capacidad productiva de la industria, esto es cierto para cada tipo de producción, por lo que las políticas más eficientes para la maximización de ganancia del mercado son de transferencia tecnológica, enfocadas a incrementar la capacidad productiva de las industrias ya sea por modernización o creación de nuevas empresas.

Al observar los escenarios base y donde se incrementa la demanda de aceite de coco, sin importar la de producción, se puede notar la creación de excedentes de

copra en la mayoría de estados, siendo la excepción Guerrero y Tabasco, por lo que se concluye que, si se opta por políticas enfocadas únicamente al incremento de la producción de copra a nivel de finca, sin tomar en cuenta la capacidad de la industria para procesarla, la consecuencia directa es la creación de un excedente en la mayoría de los lugares de producción, si no se encuentra un mercado alternativo, dicho excedente provocaría una caída en los precios de copra que afectaría a los productores; y en conjunto con el incremento en los costos de producción, se tendría como resultado una reducción de las ganancias de la mayoría de los estados.

8.2. Recomendaciones

El modelo consideró como único ingreso de los productores la venta de copra, dejando de lado la comercialización de otros productos y transferencias económicas, por lo que se subestima su ganancia total. Se requieren futuras investigaciones que ayuden a recopilar datos sobre fuentes de ingreso alternas de los productores.

LITERATURA CITADA

- Abaunza Chávez, E., Callejas Rojas, S., & Villegas Olaz, M. A. (2004). *Industrialización De La Copra De Coco*. CDMX: Tesis Universidad Autónoma Metropolitana.
- Andersen, E., Elversen, B., Godeschalk, F., & Verhoog, D. (2007). Farm Management Indicators And Farm Typologies As A Basis For Assessments In A Changing Policy. *Journal of Environmental Management*, 353-362.
- ANIAME. (Junio de 2020). *Asociación Nacional De Industriales De Aceites Y Mantecas Comestibles, A.C.* Obtenido de <http://aniame.com/mx/>
- Arévalo Quijada, M. T., Camacho Peñalosa, E., Mármol Conde, A. M., & Monroy Berjillos, L. (2016). *Programación Matemática Para La Economía*. Madrid, España: Publicaciones Delta.
- Barrientos Garcia, P., Iniesta Lopez, I., Morales Carrillo, R., Torres Hernández, R., & Villalva Bravo, M. A. (1995). *Estudio de Prefactibilidad Para la Instalación de una Planta Productora de Glicerol a Partir de la Hidrólisis de Aceite de Coco*. CDMX: Proyecto, Universidad Autonoma Metropolitana .
- Bueno Campos, E., & Cruz Roche, I. (2000). *Economía de la empresa: Análisis de las decisiones empresariales*. Madrid: Pirámide.
- Chan, E., & Elevitch, C. R. (Abril de 2006). *Agroforestry.org*. Obtenido de <https://www.agroforestry.org/images/pdfs/Cocos-coconut.pdf>
- Community, I. C. (junio de 2020). *UNESCAP inergoverment organisation*. Obtenido de <https://coconutcommunity.org/statistics/downloadfile/18>
- CONACOCO. (Junio de 2020). *Consejo Nacional del Coco*. Obtenido de Sistema de Infomación Legislativa de la Secretaría de Gobernación :

http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2019/03/asun_3825567_20190307_1551993756.pdf

Cook, O. (1910). *History of the coconut palm in America*. Estados Unidos De Norteamérica: Natl. Herb.

CRE. (Junio de 2020). *Comisión Reguladora de Energía*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.cre.gob.mx/ConsultaPrecios/GasolinasyDiesel/GasolinasyDiesel.html>

Cueto, J. R., Maruchi, A., Llauger, R., González, V., & Romero, W. (Junio de 2019). *Historia del cocotero (Cocos nucifera L.) en Cuba: su origen en la región de Baracoa*. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Obtenido de Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5246/public-cocotero-1.pdf>

Dantzig, G. B. (Junio de 2020). *The Nature of Mathematical Programming*. Obtenido de <http://glossary.computing.society.informs.org/>

DENUE. (Junio de 2020). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. Obtenido de INEGI: <https://inegi.org.mx/temas/directorio/>

FAO. (Junio de 2020). *Food and Agriculture Organization*. Obtenido de FAOSTAT: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>

FAOSTAT. (07 de 2020). *Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database*. Obtenido de Food and Agriculture Organization: <http://www.fao.org/faostat/en/>

FAS. (Junio de 2020). *Foreign Agricultural Service*. Obtenido de United States Department of Agriculture: <https://www.fas.usda.gov/>

Fife, B. (2003). *The Healing Miracles of Coconut Oil*. Colorado Springs, USA: PiccadillyPress.

- FIRA. (Junio de 2020). *Sistema de Agrocostos*. Obtenido de Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura: <https://www.fira.gob.mx/agrocostosApp/AgroApp.jsp>
- Foale, M., & Roebeling, P. (2006). New Possibilities for the 'Tree of Life'. Proceedings of the International Coconut Forum. *Australian Centre for International Agricultural Research* (págs. 11–47). Cairns, Australia: The International Coconut Genetic Resources Network (COGENT).
- FORDECYT. (Marzo de 2018). *Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación*. Obtenido de CONACYT: <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/el-conacyt/convocatorias-y-resultados-conacyt/convocatorias-fordecyt/convocatorias-abiertas-fordecyt/fordecyt-2018-03/16749-anexo-7-3-demanda-2018-03/file>
- García S., J. A., & Williams, G. W. (2005). Efectos del TLCAN sobre exportaciones de tomate de México a los Estados Unidos. *Fitotecnia Mexicana*, 299-309.
- García Vásquez, A. (2010). *Políticas Para Estabilizar El Mercado De La Sandía*. Texcoco, Estado de México: Tesis, Colegio de Psgraduados.
- Gonzalez, J. A. (2011). *Modelo De Equilibrio Espacial Para Determinar Costos de Transporte En La Distribución De Durazno En México*. Texcoco, Estado De México: Tesis, Colegio de Postgraduados.
- Granados-Sánchez, D., & López-Ríos, G. (2002). Manejo de la palma de coco (cocos nucifera L.) en México. *Revista Chapingo*, 39-48.
- Granillo Macías, R., Gonzalez Hernandez, I. J., Santana Robles, F., & Martinez Flores, J. L. (2019). Estrategia de centros de consolidación para la distribución de tuna en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 265-276.

- Guajardo, Q. R., & Villezca B., P. A. (2003). *Impacto De La Apertura Comercial De México Y Su Integración En Los Bloques Comerciales En El Mercado Mundial De Limón*. Nuevo León: Estudios Económicos, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Harries, H. C. (1978). The evolution, dissemination and classification of *Cocos nucifera* L. . *The Botanical Review*, 265-319.
- Hernandez Martínez, J., García Salazar, J. A., García Mata, R., Mora Flores, J. S., R., V. A., & Portillo Vázquez, M. (2006). Efectos de la liberacion de aranceles sobre las exportaciones de melón (*cucumis melo* L.) de México a los Estados Unidos. *Agrociencias*, 395-407.
- Howard, F., & Barrant, C. (1989). Question and answers about lethal yellowing disease. *Principes*, 163-171 .
- INDEXBOX. (2020). *World - Coconut (Copra) Oil - Market Analysis, Forecast, Size, Trends and Insights*.
- INEGI. (Junio de 2020). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/>
- INIFAP. (Junio de 2020). *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*. Obtenido de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Social: <https://www.gob.mx/inifap>
- Joseph, T., & Radha, K. (1975). Role of *Phytophthora palmivora* in but rot of coconut. *Plant Dis Repr*, 1014-1017.
- Köbrich, C., Rehnem, T., & Khan, M. (2003). Typification Of Farming Systems For Constructing Representative Farm Models: Two Illustrations Of The Application Of Multi-variate analyses In Chile And Pakistan. *Agricultural Systems* , 141-157.
- Kostrowicki, J. (1977). Agricultural Typology Concept And Method. *Agricultural Systems*, 33-45.

- LINDO. (Junio de 2018). *LINDO SYSTEMS INC.* Obtenido de I:
<https://www.lindo.com/downloads/PDF/LINGO.pdf>
- OCDE, & EUROSTAT. (2018). *Manual De Oslo*. Cuarta edición OCDE.
- Ohler, J. G. (1984). Coconut: Tree of life. Plant production and protection . *FAP*, 57.
- Palma de Coco, A. (Junio de 2020). *Comité Nacional Sistema Producto*. Obtenido de
http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/nacionales/EXP_CNSP_PALMA%20DE%20COCO/PLAN%20RECTOR%20QUE%20CONTIENE%20PROGRAMA%20DE%20TRABAJO%202012/PR_CNSP_PALMA%20DE%20COCO_2012.pdf
- Parkin, M., Esquivel, G., & Ávalos, M. (2006). *Microeconomía: Versión para Latinoamérica*. Pearson Educación.
- Pham, L. J. (2016). Chapter 9: Coconut (Cocos nucifera). En *Industrial Oil Crops* (págs. 231-242). Academic Press and AOCS Press.
- Rodhe, W., Randles, J., Langridge, P., & Hanold, D. (1990). Nucleotide sequence of a circular single-stranded DNA associated with coconut foliar decay virus. *Viral*, 76.
- Rogelio, F. F. (2006). Alternativas Tecnológicas del Cocotero de Asia-Pacífico, ventaja competitiva para el Cocotero de México. *Facultad de Economía centro universitario de estudios e investigaciones sobre la cuenca del pacífico.*, 112-173.
- SAGARPA. (Junio de 2020). *Planeación Agrícola Nacional 2017-2030* . Obtenido de
Gobierno de México:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257082/Potencial-Palma_de_Coco.pdf
- Salazar, J. A. (2006). *Notas Sobre Modelos De Equilibrio Espacial E Intertemporal*. Texcoco, Estado de México : Colegio de Postgraduados.

- Samuelson, W. F., & Marks, S. G. (2014). *Managerial Economics, Octava Edición*. Wiley.
- Sánchez Dóminguez, S. M. (2016). *Producción y Caracterización de Biodiésel a Partir del Aceite de Coco Orgánico*. CDMX: Tesis Licenciatura en Ingeniería en Energía, Universidad Autónoma Metropolitana.
- SCT. (Junio de 2020). *Rutas Punto A Punto*. Obtenido de Secretaría de Comunicaciones y Transportes: http://app.sct.gob.mx/sibuac_internet/ControllerUI?action=cmdEscogeRuta
- SEGOB. (25 de Enero de 2016). *Secretaría de Gobernación*. Obtenido de Congreso de la Unión: http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2016/01/asun_3326277_20160127_1453916511.pdf
- SIAP. (Junio de 2020). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Obtenido de Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural: <https://www.gob.mx/siap>
- SIAVI. (Junio de 2020). *Sistema de Información Arancelaria Vía Internet*. Obtenido de Secretaría de Economía: <http://www.economia-snci.gob.mx/>
- SIICEX. (Junio de 2020). *Sistema Integral de información de Comercio Exterior*. Obtenido de Confederación de Asociaciones de Agentes Aduanales de la República Mexicana: <http://www.siicex-caaarem.org.mx/>
- Sitek, P., & Wikarek, J. (2013). Integrated Supply Chain Optimization Model Using Mixed Integer Linear Programming. *Engineering*.
- STATISTA. (Junio de 2020). *STATISTA*. Obtenido de <https://es.statista.com/sectores/>
- Takayama, T., & Judge, G. G. (1971). *Spatial And Temporal Price And Allocation Models*. Amsterdam: North-Holland Pub. Co.

Uzcanga Pérez, N. G., Camarena Gómez, D. M., Cortazar Ríos, M., & Góngora Pérez, R. D. (2015). *Preferencias de consumo por productos derivados del cocotero en la Península de Yucatán, México*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*: 45-57.

Vieira, L. F., & Hartwich, F. (2002). *Enfocándose En Alianzas Público-Privadas Para La Investigación Agroindustrial: Marco Metodológico*. San José, Costa Rica: Servicio Internacional Para La Investigación Agrícola Nacional (ISNAR).

Zamora Briseño, P. (7 de Febrero de 2018). Tecomán, Colima, El Municipio Más Violento Del País: Estudio. *Proceso*.

APÉNDICES

Apéndice 1 Matrices de costos de transporte de copra, y aceite de coco en pesos por tonelada.

Costos de transporte de las regiones productoras de copra a las empresas productoras de aceite de coco, pesos por tonelada.

FABRICA/DESTINO	Calahua	A De Coco	San Lucas	Campo Vivo	Soy Aceite De Coco	DEICOCO	ICOSA
Campeche	474.56	793.96	453.50	763.45	701.55	791.79	453.50
Chiapas	474.24	793.64	453.17	777.18	701.23	792.09	453.17
Armería	315.41	3.11	344.79	16.46	99.56	4.04	16.46
Coquimatlán	313.85	4.04	343.24	14.91	98.00	3.11	343.24
Ixtlahuacán	313.85	4.04	343.24	14.91	98.00	3.11	343.24
Tecomán	313.85	4.04	343.24	14.91	98.00	3.11	342.93
Guerrero	250.93	139.66	231.59	150.53	228.11	135.62	231.59
Jalisco	373.92	89.33	403.31	105.80	156.52	93.37	403.31
Michoacán	244.12	91.00	273.51	101.87	219.83	86.96	273.51
Oaxaca	280.77	329.27	266.18	340.14	503.14	325.23	266.18
Tabasco	333.26	652.66	312.20	636.20	560.25	651.11	312.20
Veracruz	277.14	596.54	256.08	580.08	504.13	594.99	256.08

Matriz de costos de transporte de aceite de coco de las empresas productoras de aceite de coco a los estados consumidores, pesos por tonelada.

Destino/Fabrica	Calahua	A De Coco	San Lucas	Campo Vivo	Soy Aceite De Coco	DEICOCO	ICOSA	Manzanillo	Piedras Negras
Aguascalientes	239.53	201.65	212.27	185.19	109.24	200.10	182.50	233.53	290.37
Mexicali	982.50	856.89	1011.89	840.43	765.10	855.34	1011.89	889.64	758.65
La Paz	1520.89	1395.28	1550.28	1378.82	1303.49	1393.73	1550.28	1428.74	1297.75
Campeche	474.56	793.96	453.50	777.50	701.55	792.41	453.50	826.62	883.14
Saltillo	290.00	395.65	300.54	379.19	303.24	394.10	300.54	427.79	134.97
Colima	298.95	16.46	328.33	0.31	83.10	14.91	328.33	48.09	509.69
Tuxtla Gutiérrez	369.25	688.65	348.19	672.19	596.24	687.10	348.19	721.18	777.69
Chihuahua	530.06	572.92	540.60	556.46	480.51	571.37	540.60	605.29	346.33
CDMX	29.39	344.79	7.76	328.33	252.38	343.24	7.76	376.86	430.92
Victoria	299.29	342.78	310.45	326.32	316.70	341.22	310.89	374.84	304.34
Guanajuato	174.55	217.48	147.29	201.02	125.07	215.93	147.29	249.38	339.63
Chilpancingo	122.49	249.09	107.89	232.63	344.86	247.54	107.89	281.03	536.19
Pachuca	72.55	345.25	45.75	328.79	252.83	343.69	45.75	377.31	433.83
Guadalajara	220.20	96.76	249.59	80.30	2.80	95.21	249.59	128.50	430.84
Toluca	4.35	304.98	33.73	288.52	212.57	303.43	33.73	337.00	409.94
Morelia	108.99	222.10	138.37	205.64	129.68	220.54	138.37	254.00	403.15
Cuernavaca	37.64	353.05	31.90	336.59	260.64	351.49	31.90	385.12	460.10
Tepic	297.88	172.27	327.27	155.81	80.48	170.72	327.27	204.11	537.60
Monterrey	305.53	411.18	316.06	394.72	318.77	409.63	316.06	443.34	145.24
Oaxaca	212.30	531.70	190.35	515.24	439.29	530.14	190.35	564.01	620.53
Puebla	78.95	398.36	57.89	381.89	305.94	396.80	57.89	430.49	487.01
Santiago	76.45	242.03	86.99	225.57	149.62	240.48	86.99	273.96	343.20
Chetumal	517.00	832.56	492.09	816.10	744.61	831.01	492.09	865.27	921.79
San Luis Potosí	140.43	246.08	150.96	229.62	153.67	244.53	150.96	278.02	310.43
Culiacán	507.19	381.58	536.58	365.12	289.79	380.03	536.58	413.69	520.35
Hermosillo	755.91	630.30	785.29	613.84	538.50	628.74	785.29	662.74	637.06
Villahermosa	330.78	650.18	309.71	633.72	557.77	648.63	309.71	682.65	739.16
Ciudad Victoria	252.07	357.72	262.60	341.26	265.31	356.17	262.60	389.80	241.24
Tlaxcala	79.91	396.83	58.85	380.37	304.41	395.27	58.85	428.96	485.48
Xalapa	155.37	518.80	178.33	502.34	426.39	517.25	178.33	510.61	599.76
Mérida	523.68	843.09	480.88	826.63	750.05	841.53	480.88	875.81	932.33
Zacatecas	281.06	243.18	253.80	226.72	150.77	241.63	253.80	275.11	248.79

Apéndice 2 Diagrama de flujo para los escenarios planteados.

Estado O Región Productora De Copra		Estado Consumidor De Aceite De Coco	
Campeche	1	Aguascalientes	1
Chiapas	2	Baja California	2
Armería	3	Baja California Sur	3
Coquimatlán	4	Campeche	4
Ixtlahuacán	5	Coahuila	5
Tecomán	6	Colima	6
Guerrero	7	Chiapas	7
Jalisco	8	Chihuahua	8
Michoacán	9	Ciudad De México / D.F.	9
Oaxaca	10	Durango	10
Tabasco	11	Guanajuato	11
Veracruz	12	Guerrero	12
		Hidalgo	13
		Jalisco	14
Empresa Productora De Aceite De Coco		México	15
Calahua	1	Michoacán	16
A De Coco	2	Morelos	17
San Lucas	3	Nayarit	18
Campo Vivo	4	Nuevo León	19
Soy Aceite De Coco	5	Oaxaca	20
Deicoco	6	Puebla	21
Icosa	7	Querétaro	22
		Quintana Roo	23
		San Luis Potosí	24
Puerto De Importación		Sinaloa	25
Manzanillo, Colima.	1	Sonora	26
Piedras Negras, Coahuila.	2	Tabasco	27
		Tamaulipas	28
		Tlaxcala	29
		Veracruz	30
		Yucatán	31
		Zacatecas	32

Diagrama de flujo modelo base.

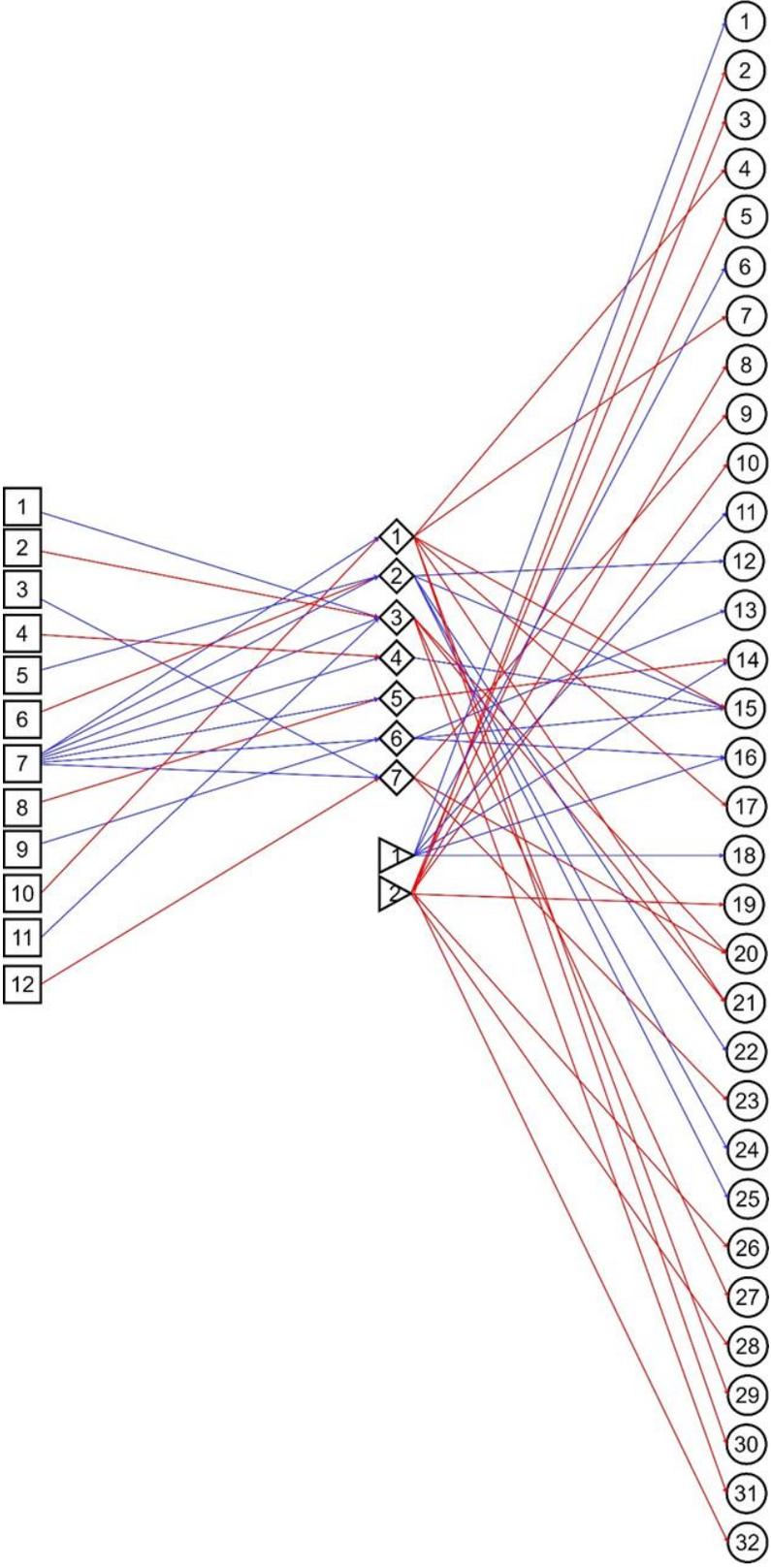


Diagrama de flujo modelo tradicional.

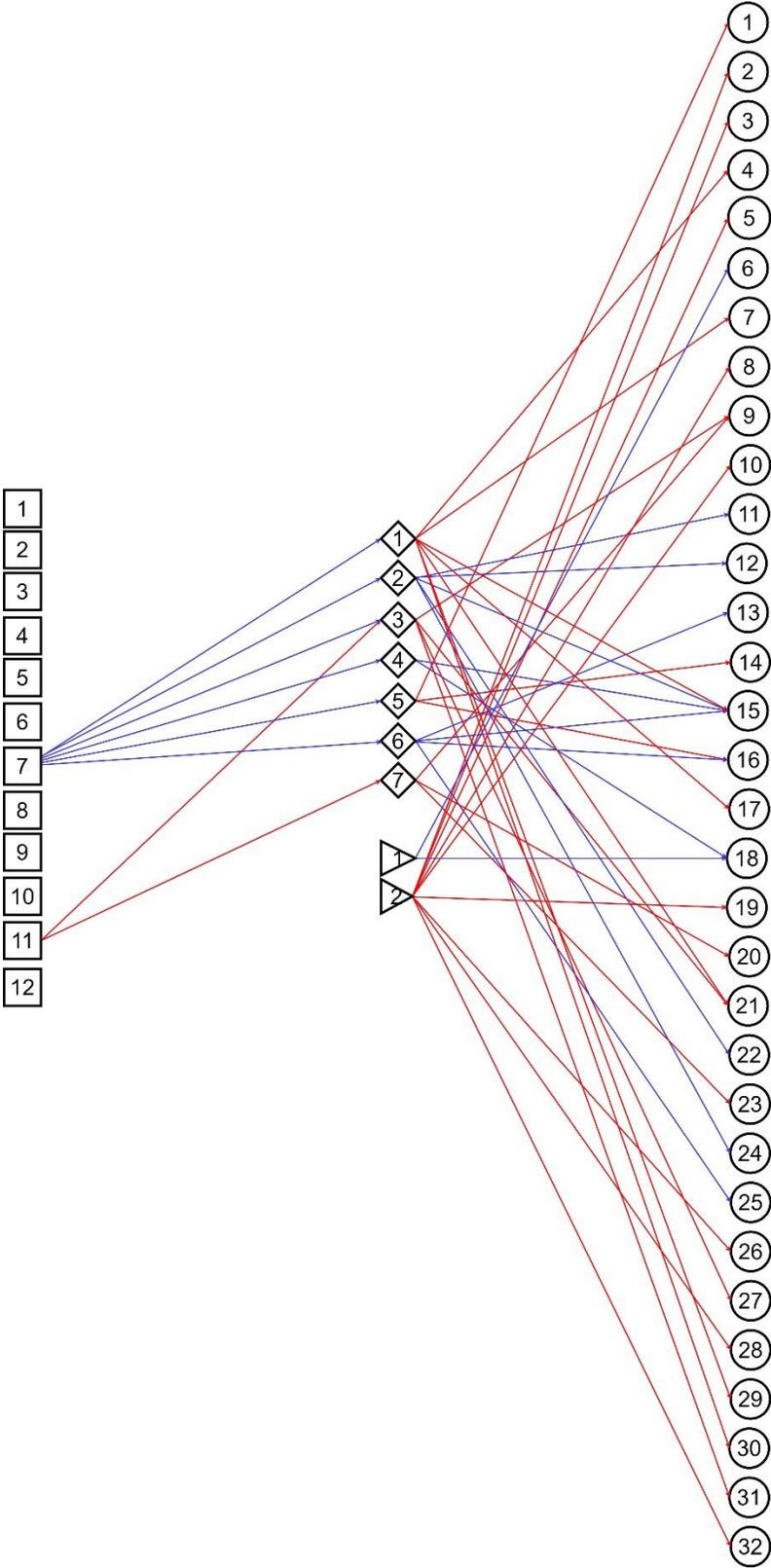


Diagrama de flujo modelo orgánico.

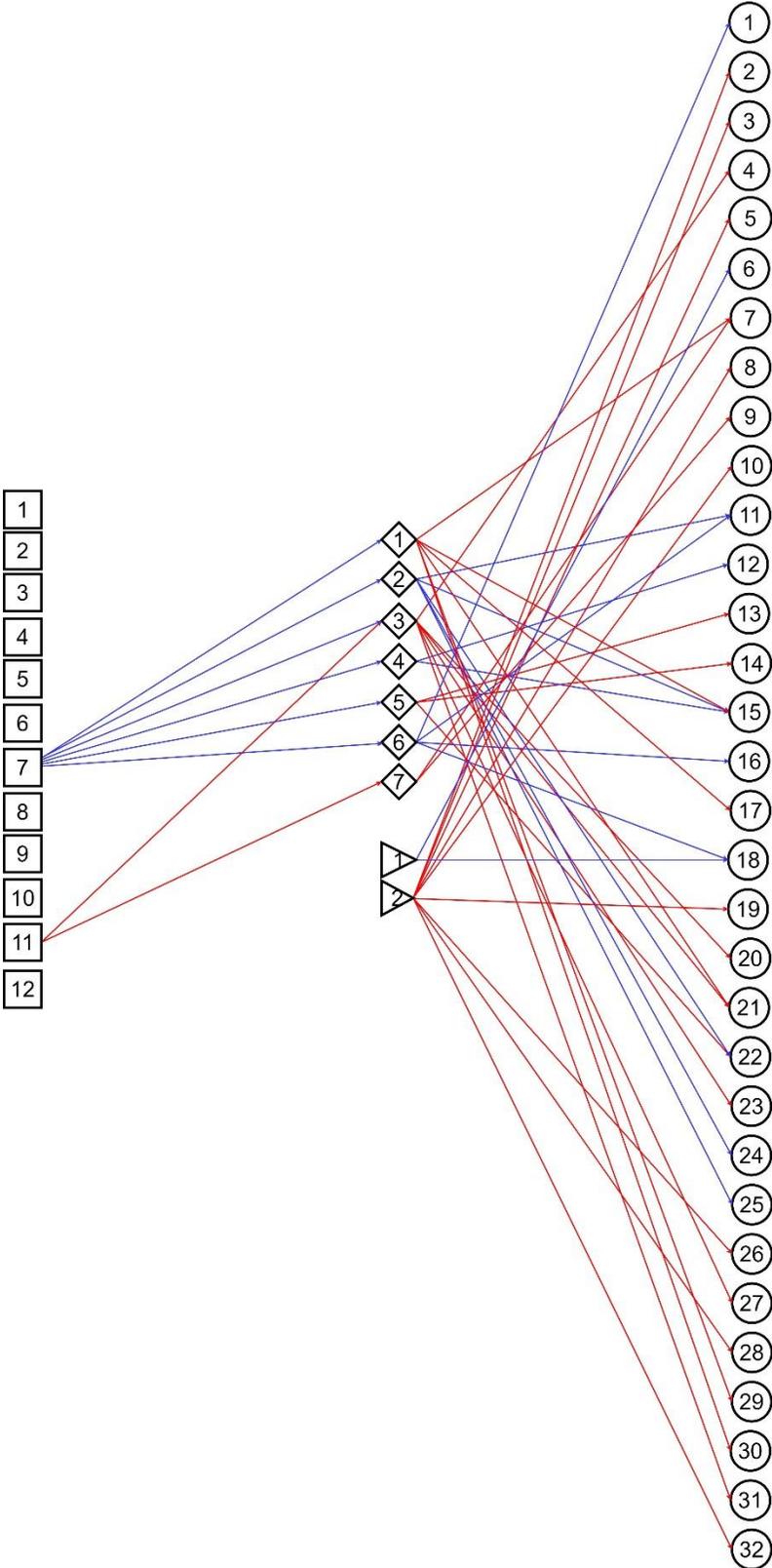


Diagrama de flujo modelo base incremento de la demanda en 10%.

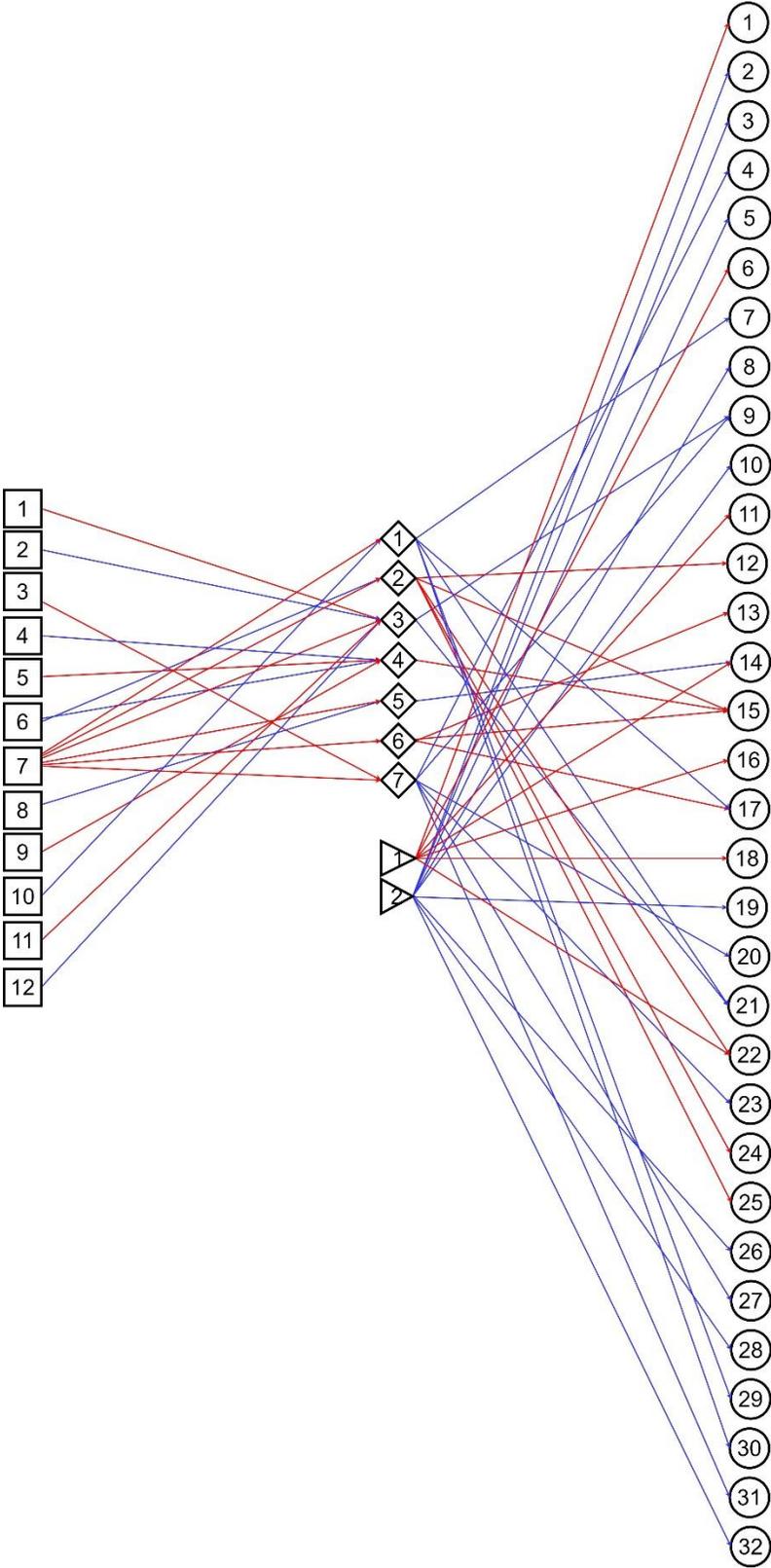


Diagrama de flujo modelo tradicional incremento de la demanda en 10%.

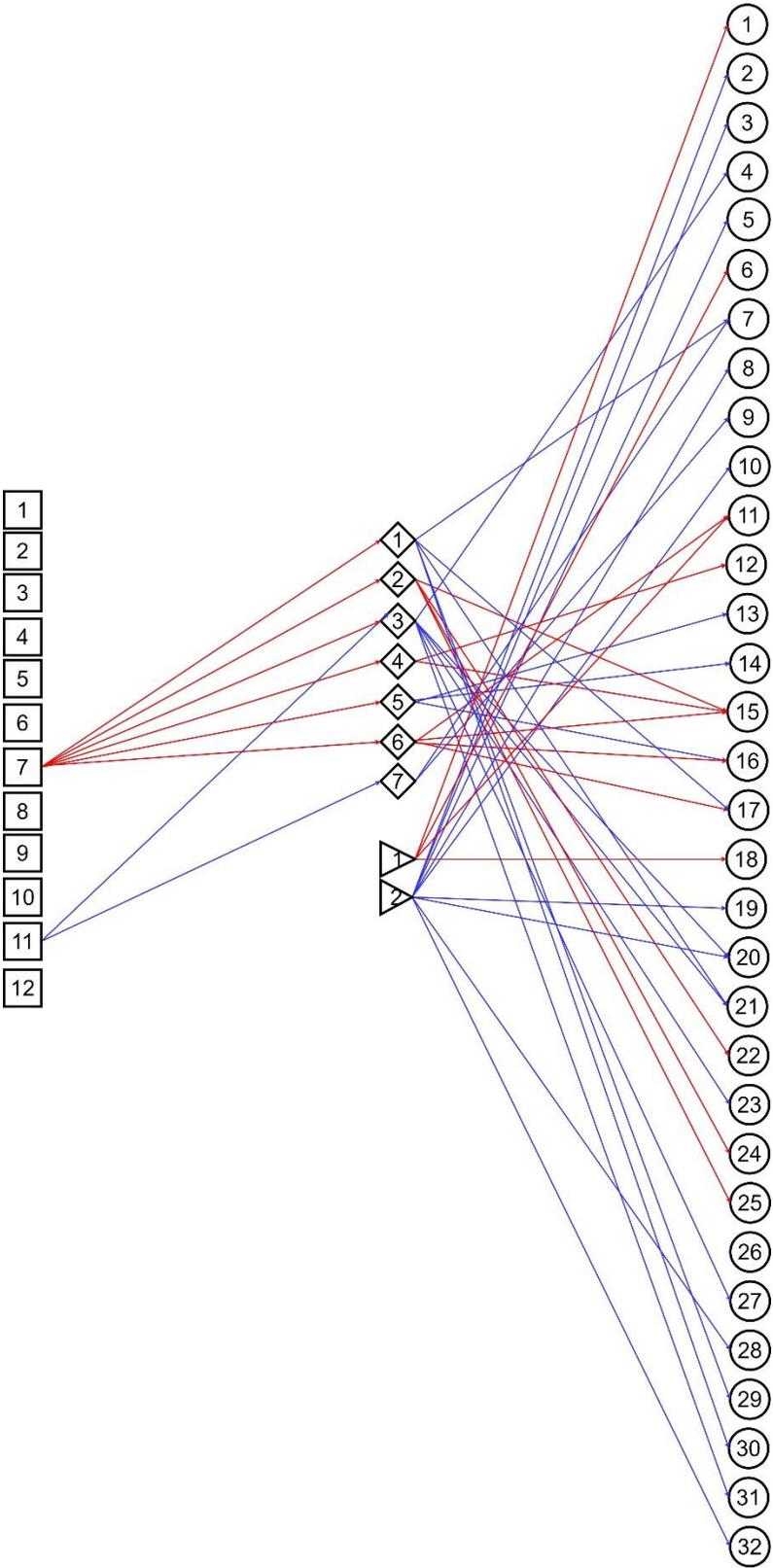


Diagrama de flujo modelo intensivo incremento de la demanda en 10%.

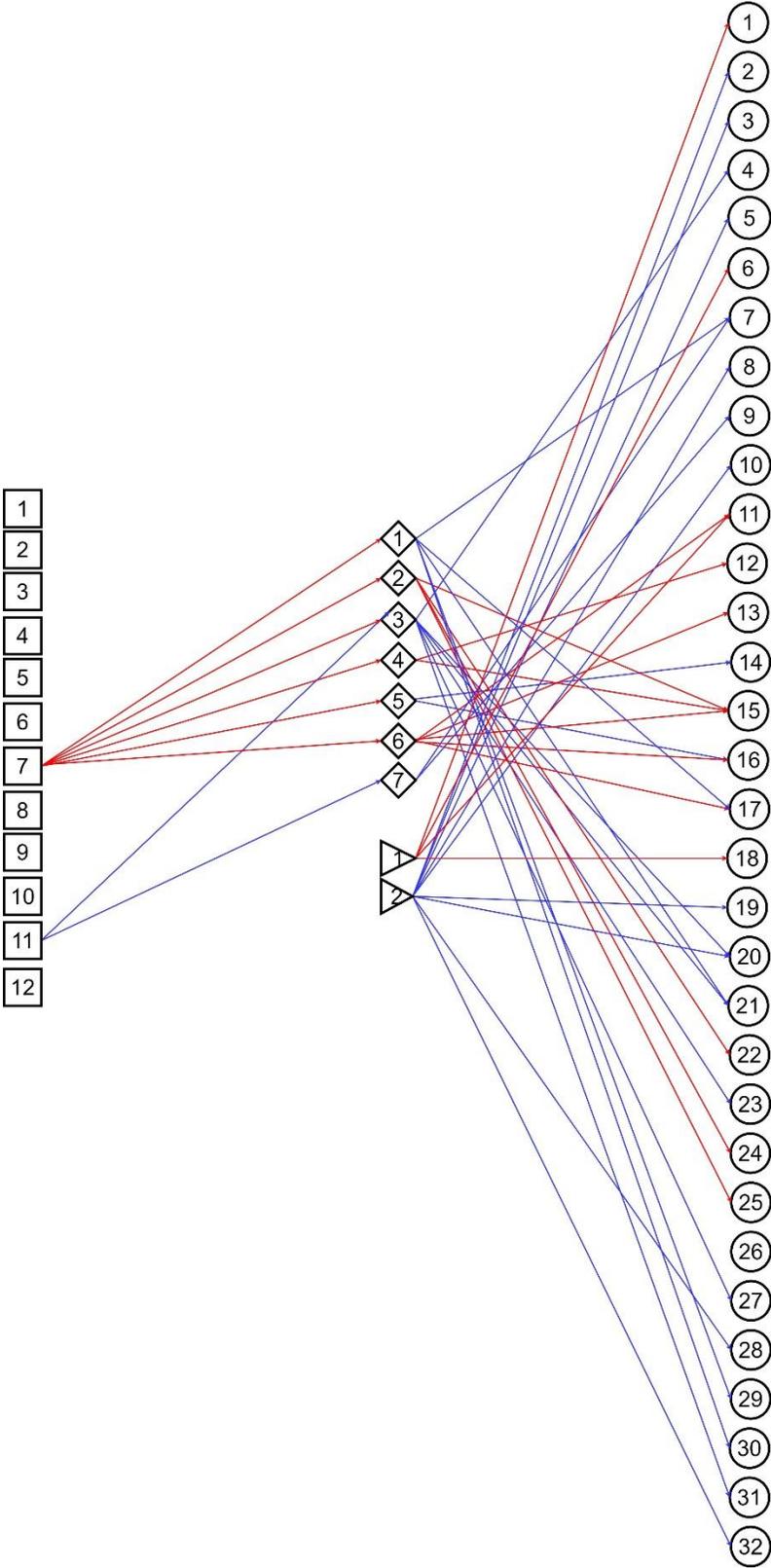


Diagrama de flujo modelo orgánico incremento de la demanda en 10%.

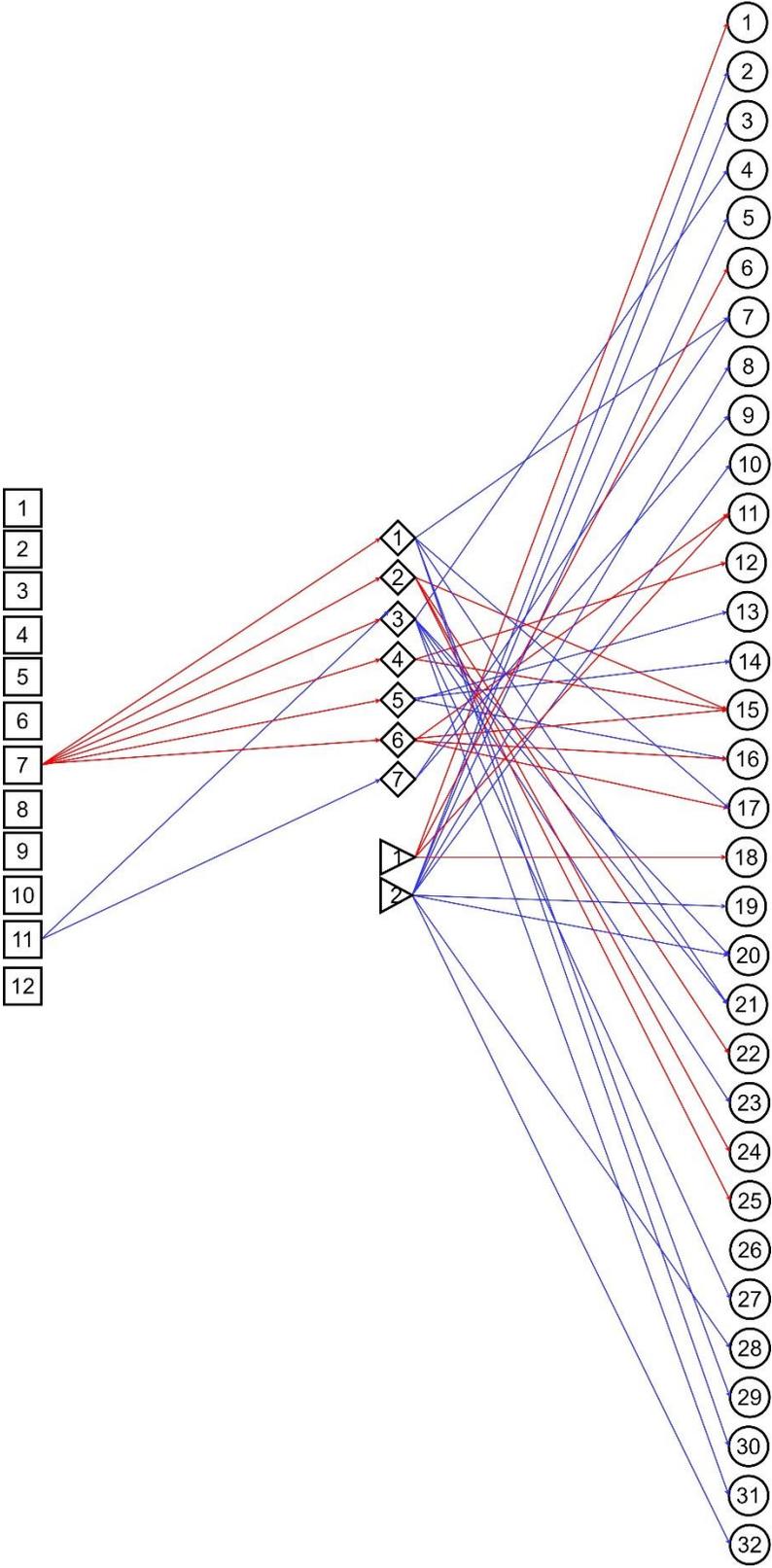


Diagrama de flujo modelo base incremento de la capacidad productiva en 10%.

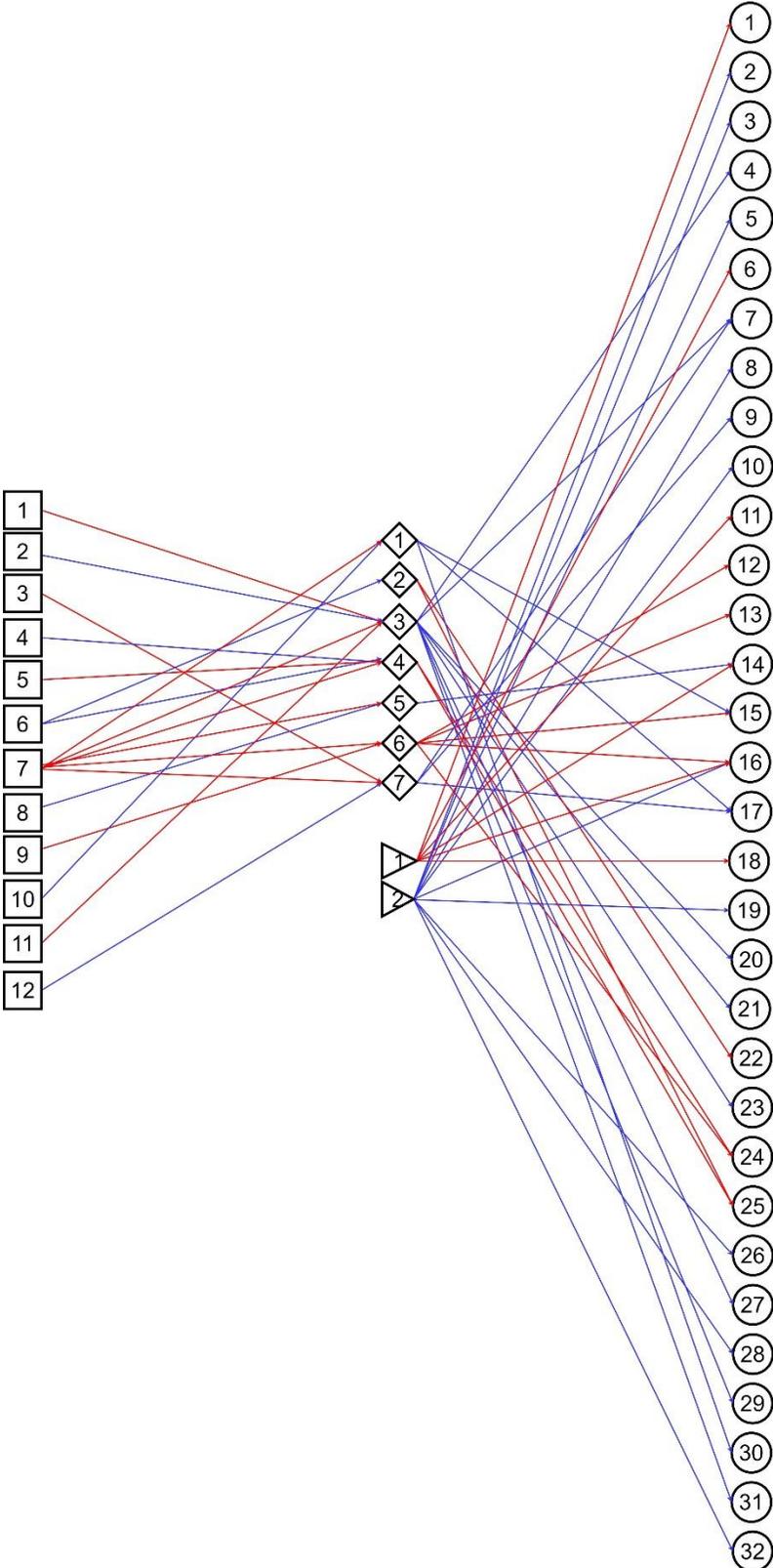


Diagrama de flujo modelo tradicional incremento de la capacidad productiva en 10%.

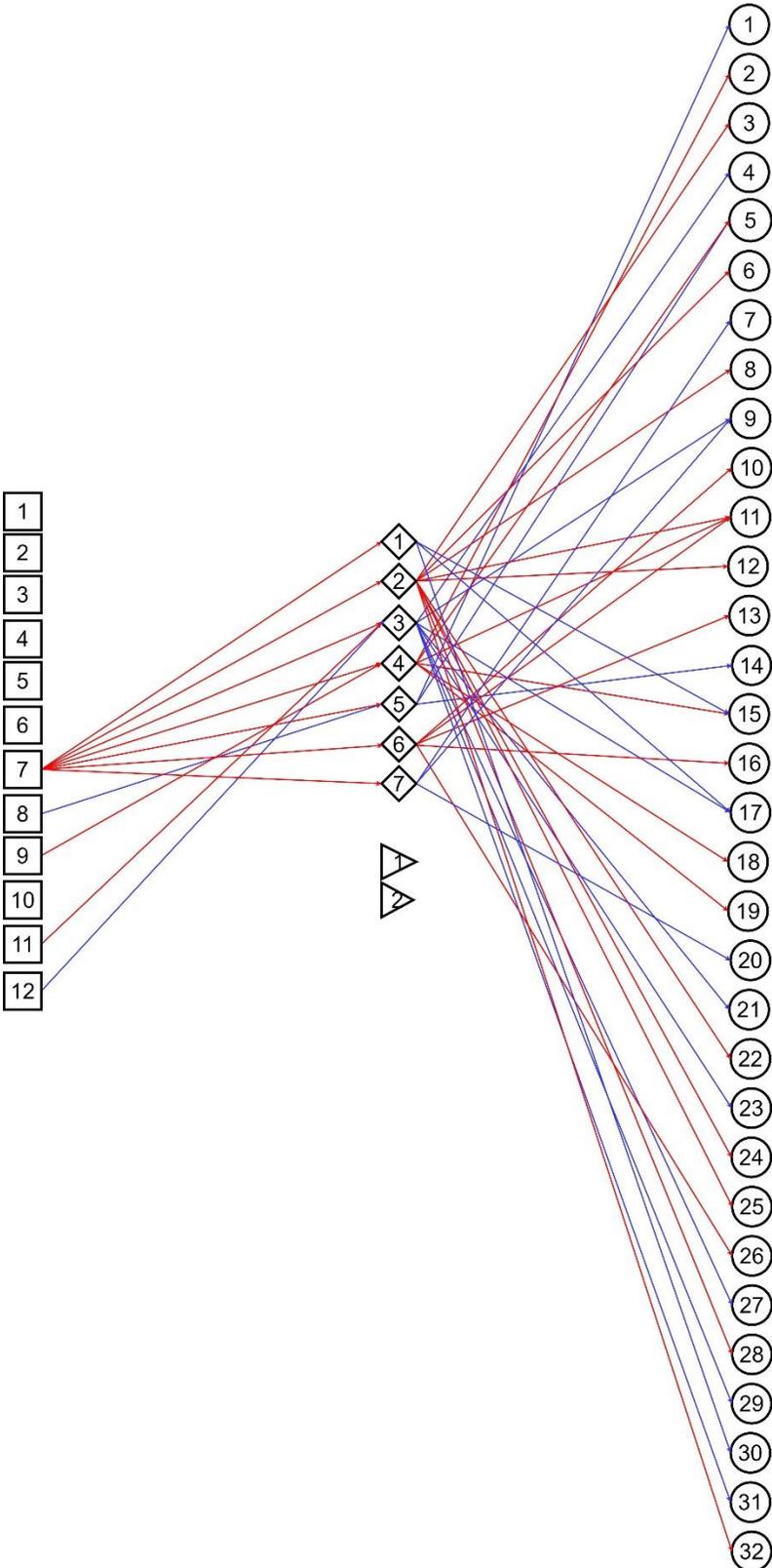


Diagrama de flujo modelo intensivo incremento de la capacidad productiva en 10%.

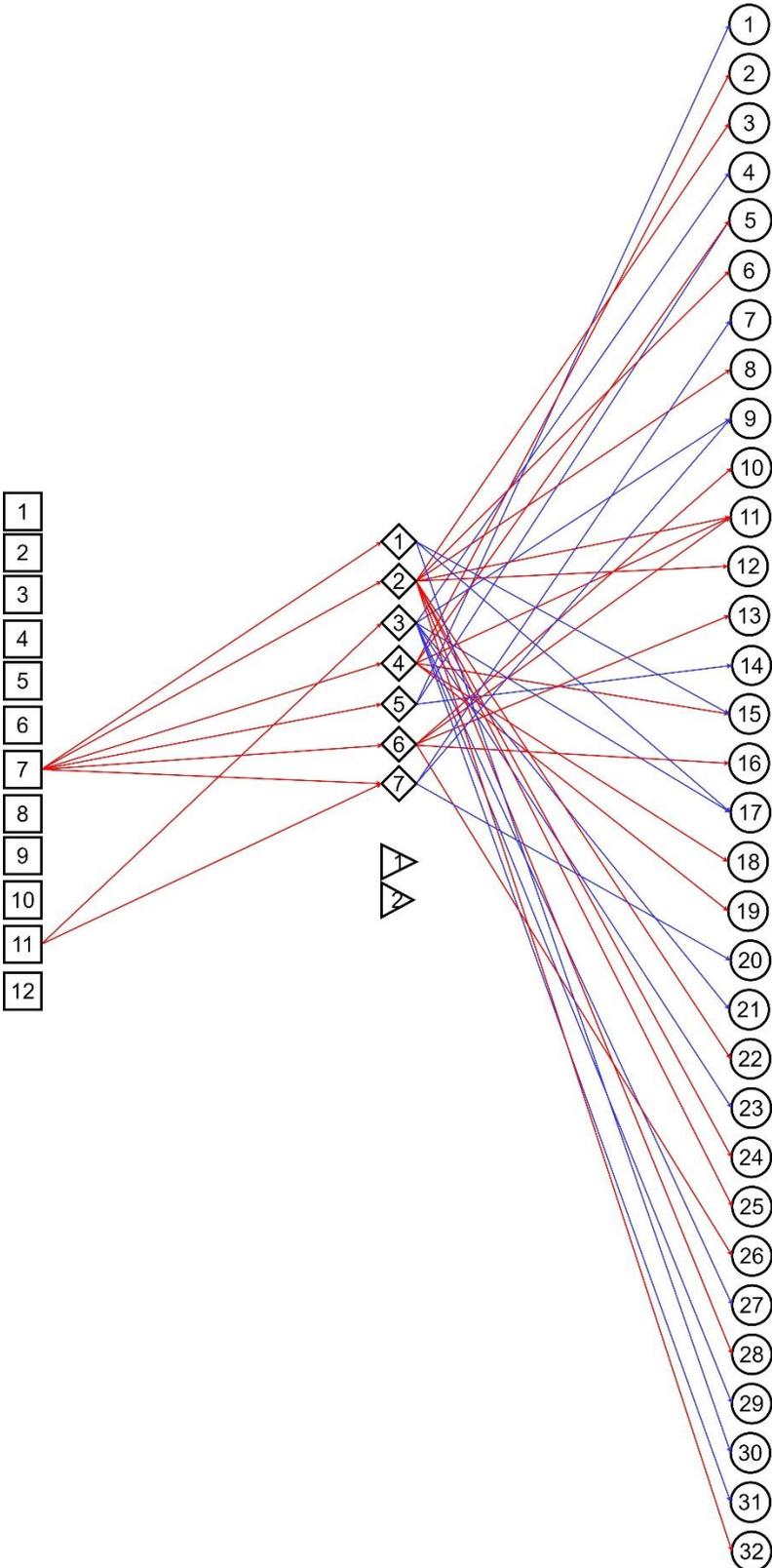


Diagrama de flujo modelo orgánico incremento de la capacidad productiva en 10%.

