



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**

**DIRECCIÓN DE CENTROS REGIONALES  
UNIVERSITARIOS**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN DESARROLLO RURAL REGIONAL**

**PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE TUNA (*Opuntia albicarpa*  
Scheinvar), EN SAN MARTÍN DE LAS PIRÁMIDES Y  
AXAPUSCO, ESTADO DE MÉXICO**

**TESIS**

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN DESARROLLO RURAL REGIONAL**

PRESENTA:

**LILIANA GUADALUPE ALFARO MARTÍNEZ**

BAJO LA SUPERVISIÓN DEL:

**DR. CLEMENTE GALLEGOS VÁZQUEZ**

CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO, DICIEMBRE DE 2020.



**APROBADA**



Dirección de Centros  
Regionales Universitarios

**PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE TUNA (*Opuntia albicarpa* Scheinvar), EN SAN MARTÍN DE LAS PIRÁMIDES Y AXAPUSCO, ESTADO DE MÉXICO**

Tesis realizada por **LILIANA GUADALUPE ALFARO MARTÍNEZ** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN DESARROLLO RURAL REGIONAL**

DIRECTOR:



---

DR. CLEMENTE GALLEGOS VÁZQUEZ

ASESOR:



---

DR. GENARO AGUILAR SÁNCHEZ

ASESOR:



---

DR. ALVARO LLAMAS GONZÁLEZ

ASESOR:



---

MC. JUAN ÁNGEL ÁLVAREZ VÁZQUEZ

## ÍNDICE

Página

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
1.1. Justificación.....	4
1.2. Planteamiento del problema.....	6
1.3. Preguntas de investigación.....	7
1.4. Objetivo general.....	7
1.4.1. Objetivos específicos.....	7
1.5. Hipótesis general.....	8
1.5.1. Hipótesis específicas.....	8
<b>2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....</b>	<b>9</b>
2.1. Antecedentes de la producción de nopal.....	9
2.1.1. Producción mundial.....	10
2.1.2. Producción nacional.....	11
2.1.3. Producción de tuna en el Estado de México.....	14
2.1.4. Los problemas en la cadena nopal - tuna y sus causas.....	15
2.1.5. Estrategias para enfrentar la concentración de la oferta.....	17
2.2. Antecedentes de la Revolución verde.....	18
2.3. Antecedentes de la agricultura orgánica.....	19
2.3.1. Productos orgánicos certificados.....	24
2.3.2. La agricultura orgánica en México.....	24
2.4. Conceptos.....	27
2.4.1. Región.....	27
2.4.2. Desarrollo.....	28
2.4.3. Sustentabilidad.....	31
2.5. El marco MESMIS para la medición de la sustentabilidad.....	32
2.5.1. Rasgos generales del marco MESMIS.....	34
2.5.2. El ciclo de evaluación MESMIS.....	35
2.5.3. Objetivos de los indicadores de sustentabilidad.....	36
2.6. Marco contextual.....	37
2.6.1. Regionalización del área de estudio.....	37
2.6.2. Condiciones físico-ambientales de los municipios en estudio.....	37
<b>3 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>40</b>
3.1. Procedimiento general.....	40
3.1.1. Selección de huertas.....	41

3.1.2	Productividad y calidad de fruta .....	42
3.1.3	Análisis estadísticos.....	43
3.2	Rentabilidad del cultivo de tuna .....	44
3.3	Sustentabilidad del nopal tunero.....	45
3.3.1	Definición de valores límite.....	46
<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>49</b>
4.1	Descripción de los enfoques de producción de tuna en San Martín de las Pirámides y Axapusco, Estado de México.....	49
4.1.1	Enfoque convencional.....	50
4.1.2	Enfoque intermedio .....	53
4.1.2	Enfoque orgánico .....	57
4.2	Producción y calidad de la fruta.....	66
4.3	Rentabilidad del cultivo de tuna .....	74
4.3.2	Precio de la tuna .....	74
4.3.3	Costos de producción .....	75
4.4	Medición de la sustentabilidad de nopal tunero en San Martín de las Pirámides y Axapusco, Edo. de México.....	84
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>91</b>
5.1	Perspectivas .....	92
<b>6</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>92</b>
<b>7</b>	<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>93</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
Cuadro 1.	Dinámica de producción de tuna a nivel nacional 2015-2020.	11
Cuadro 2.	Estados productores de tuna, 2020.	13
Cuadro 3.	Producción de tuna en el DDR Zumpango, EDOMEX.	14
Cuadro 4.	Superficie de la agricultura orgánica por cultivo.	24
Cuadro 5.	Información general de San Martín de la Pirámides y Axapusco, Edo. de México.	37
Cuadro 6.	Información de las huertas seleccionadas donde se llevo a cabo la investigación.	40
Cuadro 7.	Indicadores para evaluar la sustentabilidad en el cultivo de nopal tunero.	46
Cuadro 8.	Fuentes de información de donde se obtuvieron los valores para cada indicador.	47
Cuadro 9.	Prácticas agrícolas y tipo de insumos empleados en el manejo de los enfoques de la producción de tuna en San Martín de las Pirámides y Axapusco, EDOMEX.	52
Cuadro 10.	Cuadrados medios y significancia del Análisis de varianza de nopal evaluados en dos ambientes.	65
Cuadro 11.	Comparación de medias para 11 variables evaluadas en tres enfoques de producción.	67
Cuadro 12.	Comparativo de valores promedio obtenidos con los establecidos en la Norma Mexicana de tuna.	70
Cuadro 13.	Precios de la tuna en la región de las Pirámides.	72
Cuadro 14.	Relación de costos para la elaboración de insumos orgánicos.	72
Cuadro 15.	Costos de producción de tuna orgánica.	74
Cuadro 16.	Ingresos por ha en el manejo orgánico.	75
Cuadro 17.	Costos de producción de tuna en el enfoque intermedio.	75
Cuadro 18.	Ingresos por ha en el enfoque intermedio	76
Cuadro 19.	Costos de producción de tuna en el enfoque convencional.	76
Cuadro 20.	Ingresos por ha en el enfoque convencional.	77
Cuadro 21.	Rentabilidad del cultivo de tuna.	78

Cuadro 22.	Indicadores, fundamentación y definición de valores límite para medir los niveles de sustentabilidad de nopal tunero.	80
Cuadro 23.	Resultados de los indicadores de sustentabilidad en el cultivo de nopal-tunero.	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
Figura 1.	Zonas de producción de tuna en México.	12
Figura 2.	Concentración temporal de la producción de tuna a nivel nacional.	16
Figura 3.	Uso del suelo y vegetación de San Martín de las Pirámides y Axapusco, Edo. de México.	38
Figura 4.	Poda de despunte en huertas de nopal tunero bajo el enfoque orgánico.	58
Figura 5.	Cronograma de actividades para el cultivo de nopal tunero con manejo orgánico.	59
Figura 6.	Del lado izquierdo se aprecia la parihuela utilizada para la aplicación de los productos orgánicos, y del lado derecho se observa la aplicación vía foliar.	61
Figura 7.	Aplicación foliar de lactofermento y supermagro, del lado izquierdo el productor Alcívar-Guzmán y del lado derecho Alcívar-Romero, rociando completamente la planta con el líquido.	63

## SIGLAS Y ABREVIATURAS

FiBL	Instituto de Investigación de Agricultura Orgánica
CDMX	Ciudad de México
EDOMEX	Estado de México
ha <sup>-1</sup>	Por hectárea (s)
t	Tonelada (s)
msnm	Metros sobre el nivel del mar
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
PIB	Producto Interno Bruto
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
PMR	Precio Medio Rural
IFOAM	Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
UDP	Unidad de producción
mm	Milímetros de precipitación pluvial
° C	Grados centígrados
LDRS	Ley de Desarrollo Rural Sustentable
DDR	Distritos de Desarrollo Rural
DOF	Diario Oficial de la Federación
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
COFUPRO	Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce
WHO	Organización Mundial de la Salud
UE	Unión Europea
USDA	Departamento de Agricultura de Estados Unidos
MAELA	Movimiento Agroecológico de América Latina y el Caribe
SGP	Sistema de Garantías Participativas
LPO	Ley de Productos Orgánicos

## *DEDICATORIA*

*A Dios, por darme la oportunidad de iniciar y terminar este ciclo.*

*A mis padres, Sra. María Dolores Martínez Martell y Sr. Nicolás Alfaro Guerrero, a quien les debo todo lo que soy; como una muestra de mi profundo amor, admiración, gratitud y respeto, porque con sus actos de cada día me demuestran cómo superar las adversidades y por ser la motivación más importante de mi vida.*

*A mi esposo, por estar conmigo en los momentos en que el estudio y el trabajo ocuparon mi tiempo y esfuerzo, por ser parte importante en el logro de mis metas profesionales y por ser mi fuente de inspiración y superación. Así como a mi pequeña hija Athena que viene en camino y a la que espero con ansias.*

*A mis queridos hermanos: Citlali, Nicolás y Christian por compartir conmigo sus mejores deseos y por alentarme a seguir superándome.*

## AGRADECIMIENTOS

*A mi alma mater, la Universidad Autónoma Chapingo, por su excelencia académica, en particular al Departamento de Posgrado de Centros Regionales por haberme abierto las puertas para continuar con mi formación académica.*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), quien financió mis estudios de maestría, permitiéndome alcanzar y cerrar esta etapa académica.*

*Al Dr. Clemente Gallegos Vázquez, por todas sus enseñanzas, conocimientos, disposición en las salidas de campo, sugerencias, paciencia, dedicación y apoyo incondicional otorgados durante la realización de esta investigación.*

*A los Dr. Genaro Aguilar Sánchez; Dr. Álvaro Llamas González y al Mc. Juan Ángel Álvarez Vázquez, por las enseñanzas compartidas, por su tiempo, conocimiento y paciencia para la realización de este trabajo.*

*Y en especial, a los productores colaboradores de San Martín de las Pirámides y Axapusco, Estado de México, así como a la familia Alcívar-Romero que siempre me recibieron con gusto y me brindaron su gran hospitalidad, gracias a ellos se pudo concluir esta investigación.*

*A todos los profesores que contribuyeron de alguna manera en mi formación académica durante esta maravillosa etapa en el Posgrado de Centros Regionales.*

*Y finalmente, a mis compañeros de la MCDRR 2018-2020, por los agradables momentos compartidos y su apoyo desinteresado.*

## RESUMEN

### PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE TUNA (*Opuntia albicarpa* Scheinvar) EN SAN MARTÍN DE LAS PIRÁMIDES Y AXAPUSCO, EDOMEX

Actualmente existe una demanda creciente de tuna orgánica en el extranjero y a nivel nacional, como resultado de una mayor conciencia respecto a cuestiones de salud, ambientales y sociales. La presente investigación consistió en caracterizar los enfoques de la producción de nopal tunero que se practican en San Martín de las Pirámides y Axapusco, Estado de México, en el ciclo de producción 2019. Éstos se abordaron en tres grandes ámbitos, que son: el productivo, el económico y el sustentable. El estudio consistió en la recolección de datos técnicos, productivos y económicos, en huertas de nopal de la variedad "Reyna" (*O. albicarpa* Scheinvar). A partir del análisis de los resultados, se logró caracterizar cada uno de los enfoques de la producción, destacando que, la producción orgánica presentó el mayor número de cladodios productivos (83), número de frutos por planta (242) y peso total del fruto (140.9 g), variables que definieron el rendimiento con  $21.5 \text{ t ha}^{-1}$ , en comparación con el manejo intermedio y convencional que dio lugar a rendimientos de 8.2 y  $11.8 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente; en lo económico el enfoque orgánico permite obtener una rentabilidad de 150.35 y 88.92 %, incluyendo la renta de la tierra, en comparación con los enfoques intermedio y convencional, que representan el 44.14 y 48.15 % respectivamente y -22.04 y -10.63 %, si se toma en cuenta la renta de la tierra; y obtiene un nivel sustentable calificado en 8 para el enfoque orgánico, 6.24 para el intermedio y 5.73 para el convencional. Se concluye, que la producción orgánica da lugar a rendimientos altos y mejora la calidad de la fruta a largo plazo en esta región, destacando que permite generar mayores oportunidades para enfrentar la baja rentabilidad del cultivo y a su vez proporciona mayores servicios ecosistémicos y beneficios sociales.

**PALABRAS CLAVE:** producción orgánica, nopal, productividad, costos de producción y sustentabilidad.

---

<sup>1</sup> Tesis en Maestría en Ciencias en Desarrollo Rural Regional  
Autor: Liliana Guadalupe Alfaro Martínez  
Director de Tesis: Clemente Gallegos Vázquez

## ABSTRACT

### ORGANIC PRODUCTION OF TUNA (*Opuntia albicarpa* Scheinvar) IN SAN MARTÍN DE LAS PIRÁMIDES AND AXAPUSCO, STATE OF MEXICO

Currently there is a growing demand for organic tuna at both national and international levels, as a result of increased awareness of health, environmental and social issues. The present research consisted of characterizing the approaches to the production of *nopal tunero* that are practiced in San Martín de las Pirámides and Axapusco, State of Mexico, in the 2019 production cycle. Three scopes were approached: productive, economic and sustainable. The study consisted in the collection of technical, productive and economic data, in cactus gardens of the "Reyna" variety (*O. albicarpa* Scheinvar). From the analysis of the results, it was possible to characterize each one of the production approaches, highlighting that the organic production presented the highest number of productive cladodes (83), number of fruits per plant (242) and total weight of the fruit (140.9 g), variables that defined the yield with 21.5 t ha<sup>-1</sup>, in comparison with the intermediate and conventional management that gave yields of 8.2 and 11.8 t ha<sup>-1</sup>, respectively; in the economic aspect the organic approach allows to obtain a profitability of 150.35 and 88.92 %, including the land rent, in comparison with the intermediate and conventional approaches, which represent 44.14 and 48.15 % respectively and -22.04 and -10.63 %, if the land rent is taken into account; and it obtains a sustainable level qualified in 8 for the organic approach, 6.24 for the intermediate and 5.73 for the conventional one. It is concluded that organic production gives rise to high yields and improves the quality of the fruit in the long term in this region, highlighting that it allows for the generation of greater opportunities to address the low profitability of the crop and in turn provides greater ecosystem services and social benefits.

**KEY WORDS:** organic production, nopal, productivity, production costs and sustainability.

---

<sup>2</sup> Thesis en Maestría en Ciencias en Desarrollo Rural Regional  
Author: Liliana Guadalupe Alfaro Martínez  
Advisor: Clemente Gallegos Vázquez

# 1 INTRODUCCIÓN

El nopal tunero crece en terrenos que difícilmente pueden dedicarse a otros cultivos como maíz y frijol por las limitaciones de topografía, clima y suelo (Mondragón-Jacobo y Gallegos-Vázquez, 2013), convirtiéndose en un recurso potencial, por su adaptación al déficit de humedad, prosperando en climas áridos y semiáridos (Reyes-Agüero *et al.*, 2005). De acuerdo con diversos autores, México es el centro de origen del nopal (Bravo-Hollis, 1978; Reyes-Agüero *et al.*, 2005) y ocupa el primer lugar mundial en superficie cultivada, producción y consumo, además de tener la más amplia diversidad de variedades. A pesar de tener estas ventajas competitivas, la cadena productiva de tuna enfrenta una problemática compleja que se refleja en precios bajos al productor y consecuentemente en baja rentabilidad de la actividad (Gallegos-Vázquez y Mondragón-Jacobo, 2011).

En el contexto de la producción nacional, se reconoce una superficie dedicada a la producción de tuna del orden de las 43,062 ha (SIAP, 2020), distribuidas en tres regiones productoras: Centro-Norte, Centro y Sur (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2009), delimitadas con base en las condiciones de suelo, clima, nivel tecnológico y proximidad con la ciudad de México, el mercado nacional más importante del país (Mondragón-Jacobo y Gallegos-Vázquez, 2013), por lo que cada una de ellas guarda sus aspectos característicos agroecológicos que definen su potencial, el tipo de variedades que produce y el destino y tipo de mercado al que acceden. En este contexto, la Región Centro presenta el mayor volumen de producción y consumo de tuna, consumiéndose cerca del 47 % de la producción a nivel nacional, 4.38 kg per cápita en promedio (Financiera Rural, 2011), donde la tuna blanca es la favorita del consumidor nacional.

Además de la riqueza de este recurso natural, el IICA<sup>3</sup>-COFUPRO<sup>4</sup> (2010), indican que actualmente existe una demanda creciente de tuna orgánica, tanto en el extranjero como a nivel nacional; principalmente en los estados del norte y sur. El incremento de la demanda de fruta orgánica por parte de los

---

<sup>3</sup> Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

<sup>4</sup> Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce (COFUPRO).

consumidores se debe a que tienen cada vez más conciencia respecto a la salud, pero también de la protección y conservación del medio ambiente, por lo que valoran y prefieren productos más sanos e incluso un sector de los consumidores están dispuestos a pagar más por ellos.

En México se reportan 1 millón 126 ha en producción orgánica con 27 mil 749 productores certificados (SIAP, 2019). Sin embargo, a poco más de 20 años del inicio de la agricultura orgánica en el país, aún enfrenta desafíos como: falta de infraestructura, equipo y transporte, altos costos de certificación, deficiencias para el control de plagas y enfermedades, limitado desarrollo de espacios para su comercialización, baja demanda por los precios altos y bajo poder adquisitivo por el grueso de la población (Gómez-Cruz *et al.*, 2010).

Bajo este contexto, el objetivo del presente estudio consistió en caracterizar los enfoques aplicados en la producción de tuna (orgánico, convencional y una combinación de los dos anteriores, designado como intermedio), en tres ámbitos: producción, rentabilidad y sustentabilidad, en San Martín de las Pirámides y Axapusco, Estado de México, municipios en los que el 70 % de la población se dedica a la producción de tuna (Domínguez *et al.*, 2017). La iniciativa de realizar el presente trabajo es en respuesta a la escasa información acerca de la producción orgánica y sus peculiaridades, que permitan al productor decidir incursionar en este tipo de manejo que vislumbra generar mayores ingresos a largo plazo en la región.

### **1.1. Justificación**

El nopal es una planta ancestral y su importancia en el pueblo mexicano se remonta a épocas prehispánicas, motivo por el cual se entretajan diversos significados que van más allá del aprovechamiento de un recurso natural. Sin embargo, debido a la demanda en el mercado, este recurso vegetal ha sufrido cambios en torno a su forma de producción, así, transitó del aprovechamiento de nopales silvestres a la producción intensiva (Bravo-Hollis, 1978; Flores-Valdez y Gallegos-Vázquez, 1993; Reyes-Agüero *et al.* 2005; Gallegos-Vázquez y Mondragón-Jacobo, 2011) y en esta transición se modificó la variedad de

especies auspiciadas o cultivadas, las costumbres y tradiciones, la organización social y la percepción sobre el aprovechamiento de este recurso. En dicho proceso y en aras de una producción mayor y del control de plagas, se introdujeron insumos altamente tóxicos, no existió además una estrategia clara y eficiente para su comercialización, de tal forma que, en la década de los 80s, la producción del nopal se vio mermada.

Actualmente, hay un repunte de este recurso productivo, los programas gubernamentales están encaminados a fomentar prácticas sustentables, con el uso de insumos orgánicos o menos tóxicos. Las cadenas productivas se inscriben en los sistemas producto nacionales y de los estados, en el caso de la tuna y el nopal se conformaron organizaciones nacionales para el fortalecimiento y fomento de la producción, como es el caso del Consejo Mexicano de Nopal y Tuna, A. C. (CoMeNTuna, A. C.), el Comité Nacional del Sistema Producto Nopal y Tuna y el Consejo de Promoción de Nopal y Tuna, A.C.

En cada uno de los estados productores, se han establecido planes rectores del sistema producto, en donde se encuentran representadas tanto la parte gubernamental como la organización social de productores. En el Estado de México, la zona de mayor producción es el Valle de Teotihuacán, que comprende el DDR Zumpango, conformado a su vez por siete municipios, con una superficie sembrada de 15,936 ha de nopal tunero (SIAP, 2020), en donde cada municipio difiere en cuanto a su forma de producción y organización. En el presente estudio se tomaron en cuenta a los municipios de San Martín de las Pirámides y Axapusco, por poseer la mayor superficie sembrada, la cual representa un 23.19% y 19.53% del total y en los cuales se identificaron tres enfoques de producción (orgánico, intermedio y convencional). Sin embargo, a pesar de que el Estado de México es el mayor productor de tuna con 180, 251 t, la cadena productiva enfrenta una problemática compleja que se refleja en precios bajos y consecuentemente en baja rentabilidad, que no ha permitido el despliegue potencial que posee este cultivo para generar mayor desarrollo económico y social (Gallegos-Vázquez y Méndez-Gallegos, 2000).

## **1.2. Planteamiento del problema**

El Valle de Teotihuacán, es la región productora de tuna más importante en México, teniendo un impacto primordial en el ingreso de los productores y en la generación de empleos, siendo la CDMX y el EDOMEX los dos centros de consumo más importantes a los que se destina la producción de tuna de esta región; sin embargo, la forma de producción marca diferencias en cuanto a la ganancia generada por la actividad, lo que propicia el desarrollo de formas alternativas de producción para lograr un mejor ingreso y a su vez un uso más adecuado de los recursos productivos. De acuerdo con la Ley de Desarrollo Rural Sustentable LDRS (DOF, 2010), la producción tendría que estar encaminada a prácticas sustentables, no obstante, lo que se observa es que los productores enfrentan una serie de circunstancias que les limitan encaminarse hacia un manejo de los recursos naturales así concebido. A pesar de que los insumos que se utilizan en la producción han ido progresando en el sentido de utilizar menos agroquímicos, algunos productores continúan utilizando productos altamente tóxicos, por una razón práctica: mayor producción con menos esfuerzo y mano de obra. Pero, actualmente, las mismas exigencias del mercado demandan productos menos dañinos, de mejor calidad y de carácter orgánico, despertando el interés de los productores por adoptar formas alternativas de producción, para cubrir nuevos mercados, generar mayores ingresos y proteger el medio ambiente.

No obstante a lo anterior, la producción orgánica de tuna enfrenta problemas como: el reducido número de productores que la practican, la pequeña superficie que se trabaja con este enfoque, la edad de las plantaciones, los bajos rendimientos, la escasa asesoría técnica y la poca disponibilidad de materias primas e insumos para llevarla a cabo, haciendo evidente la necesidad de realizar un estudio acerca de la producción de tuna en ambos municipios, a fin de caracterizar la forma de producción, determinar la calidad de la cosecha (productividad), rentabilidad y, finalmente, medir la sustentabilidad de esta actividad productiva en cada uno de los enfoques de producción adoptados como ejes de la investigación y que dicha información pueda ser útil para los

productores en la toma de decisiones para lograr mejorar las plantaciones y a su vez les permita generar mayores ingresos.

### **1.3. Preguntas de investigación**

- ✚ ¿Qué enfoque de la producción aplicado en el cultivo de tuna (convencional, intermedio y orgánico) genera la mejor calidad, mayor producción, rentabilidad y el menor impacto ambiental?
  
- ✚ ¿Cuáles han sido los impactos en el desarrollo del área de estudio con la implementación de la producción orgánica de tuna?

### **1.4 Objetivo general**

Determinar qué enfoque desarrollado en la producción de tuna, es el que brinda mejor calidad en la producción, rentabilidad y menor impacto ambiental, en los municipios de San Martín de las Pirámides y Axapusco, Estado de México.

#### **1.4.1 Objetivos específicos**

- ✚ Describir los sistemas de producción de tuna, contrastar las peculiaridades de los enfoques, orgánico, intermedio y convencional y determinar la productividad en cada una de las tres modalidades productivas.
  
- ✚ Evaluar la rentabilidad por ha para cada enfoque de producción (orgánico, intermedio y convencional).
  
- ✚ Medir la sustentabilidad de cada enfoque (orgánico, intermedio y convencional) aplicado en la producción de nopal tunero.

## **1.5 Hipótesis general**

La producción orgánica de tuna, en los municipios de San Martín de las Pirámides y Axapusco, Estado de México genera mayores rendimientos y calidad de la fruta, en comparación con los demás enfoques de producción.

### **1.5.1 Hipótesis específicas**

1.- El enfoque de producción orgánica genera mayor calidad, rendimiento y ganancias para el productor.

2.- La producción orgánica de tuna, genera otros beneficios.

## 2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

### 2.1. Antecedentes de la producción de nopal

México es reconocido como uno de los centros de diversidad de cactáceas, encontrándose en su territorio la más alta diversidad a nivel continental (Bravo-Hollis, 1978; Hunt, 1999). *Opuntia* Miller (1754: sin paginación), es uno de los siete géneros de Opuntieae DC. El Nopal (género *Opuntia* Mill.) es endémico del continente americano (Bravo-Hollis, 1978), registrándose en México 93 especies (Hunt, 1999), aunque este número ha variado dependiendo del autor, desde 58 (Britton y Rose, 1919), 66 (Bravo-Hollis, 1937) y 76 (Guzmán *et al.*, 2003), reconociéndose más de 100 especies en la actualidad (Scheinvar y Gallegos-Vázquez, 2017). De igual manera, en el país se reporta la mayor diversidad de cultivares (aproximadamente 150) de nopal a nivel mundial (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2003; Reyes-Agüero, 2005).

Los antiguos mexicanos desarrollaron el cultivo de nopal utilizando las poblaciones silvestres, el resultado es una planta de uso múltiple, de la cual se aprovechan los nopalitos, las pencas maduras como forraje y la fruta. En el proceso de domesticación, la recolección continua y sistemática, favoreció que algunas plantas con características excepcionales, fueran sometidas a diferente grado de tolerancia, auspicio o cultivo y que de ahí comenzarán a ser llevadas al ambiente doméstico, esto es, a los huertos o solares alrededor de la casa-habitación, tal y como lo demostraron Colunga-García *et al.* (1986) y Reyes-Agüero *et al.* (2005), lo que condujo a la creación de nuevos cultivares y finalmente logró abrirse paso en las zonas de producción comercial (Gallegos-Vázquez y Méndez-Gallegos, 2000; Gallegos-Vázquez y Mondragón-Jacobo, 2011).

La producción comercial de tuna se ubica a mediados del siglo XX, esto es, unos 100 años después de que se iniciaran las huertas comerciales para la producción de tuna en Sicilia, Italia según reportes de Barbera *et al.* (1995). Las plantaciones comerciales aumentaron paulatinamente, pues la demanda fue creciendo, pero también comenzaron a presentarse los primeros problemas en

el mercado exterior, como la falta de normalización de los productos y la imposibilidad de satisfacer ciertas demandas con los cultivares actualmente plantados, orillando a los productores a desarrollar el cultivo formal en menos de 50 años, un caso quizá único en la agricultura mexicana (Gallegos-Vázquez y Mondragón-Jacobo, 2011).

### **2.1.1. Producción mundial**

El nopal (*Opuntia* spp.) es la cactácea que posee la mayor importancia agronómica a nivel mundial, debido no solamente a sus deliciosos frutos, sino también a sus cladodios, los cuales son usados maduros como forraje o para consumo humano cuando son tiernos (Kiesling, 1999 y Casas y Barbera, 2002). Se cultiva extensivamente en las zonas semiáridas de más de 20 países con diferentes propósitos de uso (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2011; Ciriminna *et al.*, 2018; Danzi *et al.*, 2020), en un amplio rango de ambientes, que resultan en grandes diferencias en sobrevivencia, desarrollo y potencial como cultivo (Inglese *et al.*, 2018).

En opinión de Potgieter y D'Aquino (2018), en la actualidad el cultivo del nopal para fruta tiene lugar en áreas semiáridas de al menos 18 países de ambos hemisferios y en más de 100 000 ha.

Como lo hacen notar Sumaya-Martínez *et al.*, (2010); Gallegos-Vázquez y Mondragón-Jacobo, (2011), México es considerado el principal productor de tuna, en donde alcanza un importante impacto social y cultural, aunque su rendimiento es bajo (10 t ha<sup>-1</sup>). En orden de importancia, le siguen: Italia, Sudáfrica, Chile, Colombia, Israel y E.U. En relación a la aportación del volumen de exportación, a pesar de que México es el principal productor aportando poco más del 45% de la producción mundial, solo exporta el 1.5% de su producción, siendo Italia el principal exportador, lo cual se explica por el hecho de que este país dispone de excelentes instalaciones para el empaque y de redes de distribución bien establecidas (Mandujano *et al.*, 2002; Financiera Rural, 2011). En contraparte, en México los rendimientos son bajos, debido a que casi la

totalidad de las plantaciones se localizan en áreas de temporal, con suelos pobres y con escaso manejo.

### **2.1.2. Producción nacional**

La producción de tuna en México es en la actualidad una actividad formal que reconoce al nopal como un frutal valioso para zonas semiáridas, como recurrentemente se ha reportado durante las últimas cuatro décadas (Gallegos-Vázquez y Mondragón-Jacobo, 2013). Sin embargo, la historia de la producción de tuna en México ha presentado altibajos; en opinión de Gallegos-Vázquez y Méndez-Gallegos (2000), durante la década de los setentas, la producción era fuertemente subsidiada por programas gubernamentales y el cultivo del nopal fue promovido extensivamente como una alternativa al frijol y maíz en las zonas semiáridas. Actualmente, en la mayoría de las zonas productoras son cada vez más comunes los productores que están utilizando técnicas de producción típicas de frutales o de hortalizas más desarrolladas, como la irrigación por goteo, la ferti-irrigación y el uso de nutrientes y pesticidas (Gallegos-Vázquez y Mondragón-Jacobo, 2011), aceptándose que el nopal tunero está firmemente establecido en México como la mejor opción de uso de tierras semiáridas, siendo más competitivo que el maíz y el frijol, los cultivos básicos por excelencia (Gallegos-Vázquez y Cervantes-Herrera, 2017).

A través del análisis histórico de comportamiento de la superficie cultivada, rendimiento y producción (2015-2019), la superficie sembrada en 2015 alcanzó 42,156 ha, alcanzando las 43,062 ha en 2019; el volumen de producción paso de 401,154 t a 456,407 t y el rendimiento de 9.5 a 10.6 t ha<sup>-1</sup> (Cuadro 1), lo cual quiere decir, que la producción se ha incrementado como efecto del aumento en la superficie sembrada y de los rendimientos mayores alcanzados. Sin embargo, para el 2020 las estadísticas reportan una superficie sembrada y cosechada de 44,476 y 41,055 ha y una producción de 433,904 t, cifra relativamente menor a la registrada para 2019, lo cual no necesariamente se trata de un decremento en la producción, sino más bien a que aún no termina el ciclo de cosecha tomándose como referencia el dato más actualizado al cierre

de información para el 30 de septiembre, sobre todo sí se considera el hecho de que el rendimiento se mantuvo en 10.6 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2020).

**Cuadro 1. Dinámica de producción nacional de tuna, 2015-2020.**

Año	Superficie (miles de ha)		Producción (miles de t)	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )
	Sembrada	Cosechada		
2015	47,464	42,156	401,154	9.5
2016	46,931	44,377	448,919	10.1
2017	47,232	44,677	463,105	10.4
2018	45,752	43,174	450,585	10.4
2019	44,999	43,062	456,407	10.6
2020	44,476	41,055*	433,904*	10.6*

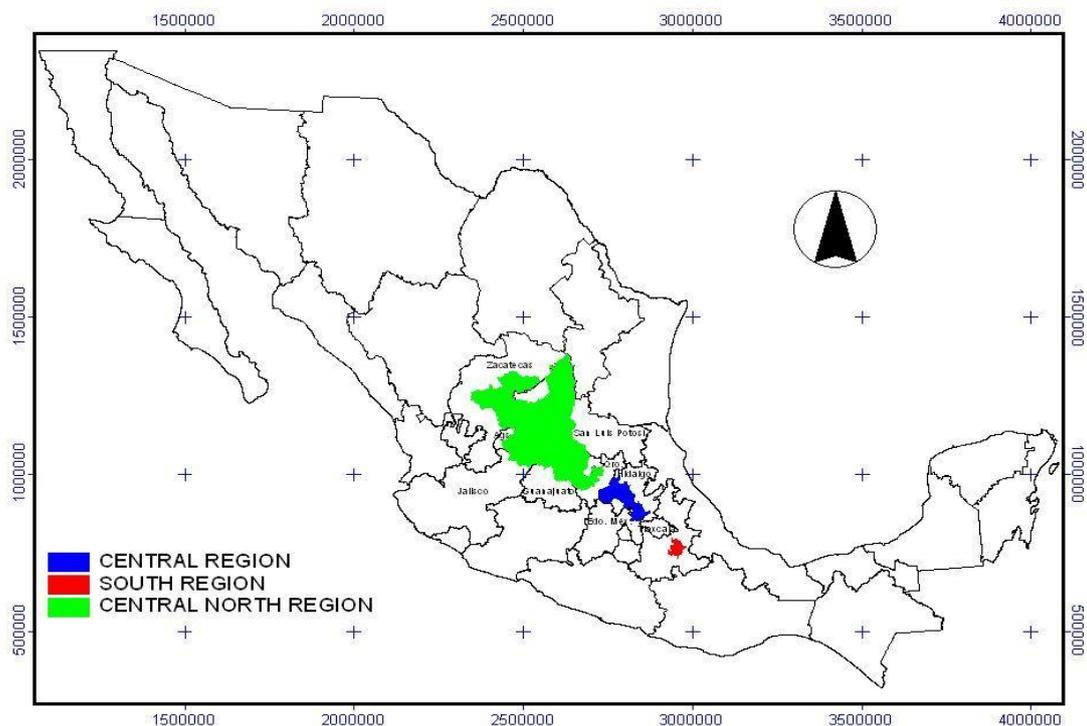
\*Datos de la última actualización al mes de septiembre de 2020. Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2020.

#### 2.1.2.1. Regiones productoras de tuna en México

En la opinión de Gallegos-Vázquez *et al.* (2009), Gallegos-Vázquez y Mondragón-Jacobo (2011) y Mondragón-Jacobo y Gallegos-Vázquez (2013), las regiones productoras de tuna se agrupan en tres y están determinadas de acuerdo con las condiciones agroecológicas bajo las cuales se desarrollan y a la proximidad con la Ciudad de México, el mercado nacional más importante del país (Figura 1). La región Centro Norte incluye Zacatecas, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco y Querétaro; la región Central: Estado de México, Tlaxcala e Hidalgo; y la región Sur representada por el estado de Puebla.

En cuanto al número de estados productores, en el transcurso de los años, éste se ha incrementado de 7 reportados a finales de los 80's (Flores-Valdez y Gallegos-Vázquez, 1993) a 15 en 2019 (SIAP, 2019), siendo el Estado de México el que más contribuye con 180,251 t (Cuadro 2), principalmente de la variedad "Reyna" (*O. albicarpa* Scheinvar), la favorita del consumidor mexicano (Gallegos-Vázquez y Mondragón-Jacobo, 2011). El segundo sitio lo ocupa Puebla con una producción de 118,045 t, que lo convierte en el productor más

importante de tuna, tanto por la época en la que produce, como por la alta eficiencia productiva de sus huertas (Gallegos-Vázquez y Cervantes-Herrera, 2017), y Zacatecas, que registró 90,530 t, ubicado en tercer lugar, aunque hay que destacar que es el estado con una mayor diversidad de cultivares, “Burróna” y “Cristalina” (*O. albicarpa*) de pulpa blanca y “Rojo Pelón” (*O. ficus-indica*) y “Torreaja” (*O. megacantha*) de pulpa roja y algunas otras de pulpa amarilla de menor importancia (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2009).



**Figura 1. Zonas de producción de tuna en México. Fuente: (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2009).**

Es importante mencionar que el estado con mayor rendimiento a nivel nacional es Puebla con  $21.7 \text{ t ha}^{-1}$ , esto debido a que existen pequeños grupos que producen con la tecnología más avanzada y a las condiciones agroclimáticas favorables de la zona, por otro lado, se encuentra un amplio universo de pequeños productores que no están en posibilidades de aplicar nuevos paquetes tecnológicos y las condiciones de temporal disminuyen aun más sus rendimientos.

**Cuadro 2. Estados productores de tuna, 2020.**

Estado	Superficie (ha)		Producción (t)	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )
	Sembrada	Cosechada		
México	15,953	15,953	180,251	11.3
Puebla	5,496	5,428	118,045	21.7
Zacatecas	11,102	10,983	90,530	8.2
Guanajuato	1,768	1,758	21,516	12.2
Hidalgo	4,316	3,574	15,915	4.5
San Luis Potosí	2,906	2,010	12,838	6.4
Jalisco	2,010	2,010	12,657	6.3
Tamaulipas	616	540	2,160	4.0
Aguascalientes	413	413	1,484	3.6
Oaxaca	95	86	468	5.5
Querétaro	288	272	334	1.2
Veracruz	16	16	98	6.1
Tlaxcala	14	14	81	5.8
Durango	2	2	17	8.3
Michoacan	4	4	15	3.8
<b>TOTAL</b>	<b>44,999</b>	<b>43,062</b>	<b>456,407</b>	<b>10.6</b>

Fuente: SIAP 2020.

### 2.1.3. Producción de tuna en el Estado de México

El Estado de México, está conformado por varios distritos de riego, en el que se destaca al DDR Zumpango, por albergar a los principales municipios productores de tuna (Cuadro 3), de los cuales, San Martín de las Pirámides y Axapusco reportan la mayor superficie sembrada con 23.19% y 19.53% y producción de 23.03% y 19.96%, respectivamente. Sin embargo, el mayor rendimiento se obtiene en Otumba con 11.73 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2020).

**Cuadro 3. Producción de tuna en el DDR Zumpango, EDOMEX.**

Municipio	Superficie (ha)		Producción (t)	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )
	Sembrada	Cosechada		
Acolman	120	120	1,380	11.5
Axapusco	3,112	3,112	35,937	11.5
Nopaltepec	2,897	2,897	31,266	10.8
Otumba	2,889	2,889	33,886	11.7
San Martín de las P.	3,695	3,695	41,470	11.2
Temascalapa	1,667	1,667	18,777	11.3
Teotihuacán	1,556	1,556	17,369	11.1
<b>Total</b>	<b>15,936</b>	<b>15,936</b>	<b>180,085</b>	<b>11.3</b>

Fuente: SIAP 2020.

En esta región, también conocida como “Las Pirámides”, se practica un sistema semi-intensivo de temporal, de alta inversión en áreas susceptibles a heladas con clima subhúmedo en tierras semiáridas de buena calidad. El rendimiento promedio en esta área es de 11.4 t ha<sup>-1</sup> con la ventaja de la proximidad a la Ciudad de México. A pesar de dichas ventajas los productores enfrentan problemas asociados con una marcada concentración de la producción, calidad de fruta no estandarizada y una deficiente estrategia de mercado lo cual se agrava por la dependencia de una sola variedad, Reyna o Alfacayucan (*O. Albicarpa*) (Mondragón-Jacobo y Gallegos-Vázquez, 2013).

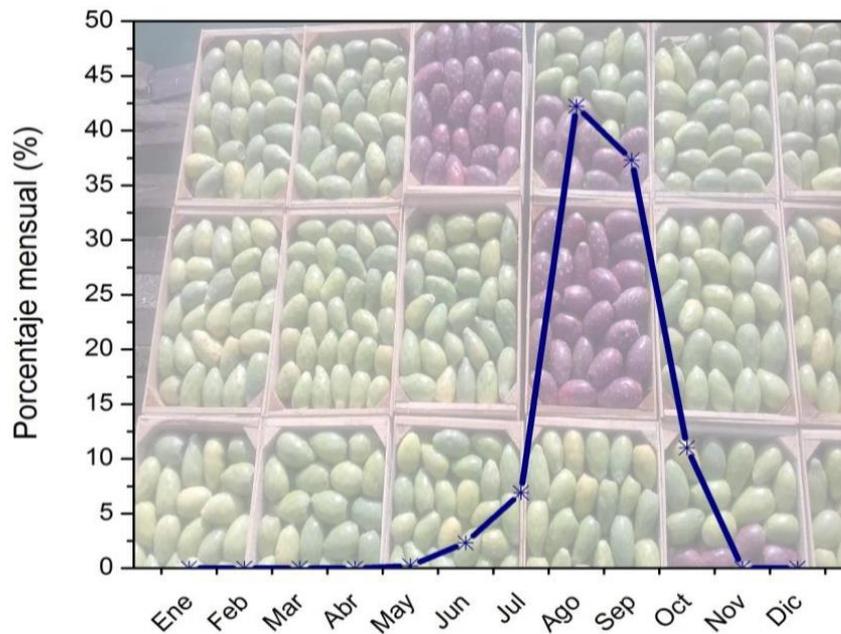
#### **2.1.4 Los problemas en la cadena nopal - tuna y sus causas**

En toda la cadena producción-consumo o sistema-producto, todas las ineficiencias y condiciones adversas a su desarrollo se reflejan en un factor visible para los productores: la baja rentabilidad de la actividad productiva, efecto de una condición de bajos precios (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2003). Aunque esta situación pareciera deberse solamente a problemas de mercadeo, en el caso del nopal tunero comprende un complejo conjunto de factores de índole diversa que llevan a dicha situación. Entre ellos destacan los siguientes (Calva-Pérez *et al.*, 2004):

- a) Factores de planeación.
- b) Factores inherentes al funcionamiento actual de la cadena productiva:
  - i) tecno-productivos y de la organización de las explotaciones privadas,
  - ii) estructurales de la cadena productiva, denominados así porque su acción afecta a la totalidad de los agentes de la cadena o en alguno (s) de ellos en lo específico y sus causas normalmente son complejas, por lo que su solución no depende de la acción de los productores en lo individual, sino que demanda de la concertación de acciones entre los distintos agentes de la cadena productiva.

Entre los problemas estructurales identificados (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2003) están los siguientes: concentración de la producción en un corto período del año y del tipo de tunas ofrecidas al mercado, nula industrialización de la fruta, marcadas deficiencias en la comercialización, política de planeación y promoción desarticulada e incompleta y una organización de productores insuficiente.

En relación con la concentración temporal de la producción de tuna, la dominancia de unas pocas variedades, principalmente de pulpa blanca, impone una marcada estacionalidad al comercio de la tuna, con efectos negativos en los precios y la demanda, ya que año con año se observan altos precios al inicio de la temporada, seguidos por una caída abrupta de precios que no pagan los costos de producción (Gallegos-Vázquez y Cervantes-Herrera, 2017). Como se hace notar en la Figura 2, el 98 % de la producción de tuna se concentra en el periodo julio-octubre, siendo agosto y septiembre los meses de mayor concentración, con el 78 % en la producción de tuna a nivel nacional.



**Figura 2. Concentración temporal de la producción de tuna a nivel nacional.**  
**Fuente: (Ramírez-Arpide, 2017; Gallegos-Vázquez y Cervantes-Herrera, 2017, con datos del SIAP, 2016).**

La dominancia de unas pocas variedades, principalmente de pulpa blanca impone una marcada estacionalidad al comercio de la tuna, por tanto resulta paradójico el hecho de que no obstante la amplia diversidad de cultivares existentes en México (actualmente se han registrado 90 variedades en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales), la mayoría de las plantaciones comerciales de nopal tunero se basan en un reducido número de cultivares (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2009; Gallegos-Vázquez y Mondragón-Jacobo, 2011). Las diferencias de precio son establecidas por la oportunidad; es decir, por la época en la cual es posible cosechar la fruta; año con año los mejores precios los establecen las tunas tempranas y las muy tardías (Gallegos-Vázquez y Cervantes-Herrera, 2017).

### 2.1.5 Estrategias para enfrentar la concentración de la oferta

En México el consumo per cápita de tuna ocupa el 7º lugar entre las frutas, con un consumo promedio de 3.72 kg, sin embargo, se considera que éste consumo se puede incrementar a través de campañas de publicidad bien diseñadas o bien aumentando el tiempo de oferta de la tuna. Por este motivo se han planteado las alternativas siguientes (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2001):

- a) Vender más en el periodo de mayor producción. Para ello, es necesario buscar y ganar más espacios en el mercado nacional o internacional a través de actividades de promoción, difusión, publicidad y un programa ambicioso de mercadotecnia, impulsados por los propios productores y/o asociaciones.
  
- b) Manejo de pos-cosecha y almacenamiento con fines de conservar la tuna durante un periodo óptimo, manteniendo al máximo su calidad y características para su colocación en el mercado en épocas de menor oferta (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2004).
  
- c) Producir fuera del periodo en que se concentra la producción. Sea esto atrasando (decapitación o scozzolatura) o adelantando la producción (forzamiento), con la finalidad de contrarrestar los bajos precios ocasionados por el exceso de oferta de tuna en ciertos meses del año (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2001).
  
- d) Agregar valor al producto por cualidades de interés al consumidor, *vg.* inocuidad de la tuna mediante su obtención bajo un enfoque de producción orgánica, estrategia objeto de la presente investigación.

## **2.2. Antecedentes de la Revolución verde**

Para entender el contexto de la investigación y a su vez la agricultura actual y las formas alternativas de producción, es importante analizar la influencia que ha tenido la llamada “Revolución Verde” en la producción de cultivos agrícolas.

El término fue acuñado en 1968 por William Gaud, para referirse al incremento sorprendente y repentino de la producción de granos que ocurrió en varios países, después de la Segunda Guerra Mundial, con el objetivo de solucionar el hambre en el mundo, significando un cambio sustancial del paradigma agrícola imperante. Tuvo su origen en 1943, varios años antes de que se fundara la FAO, cuando se inició en México el programa cooperativo de

investigación y adiestramiento en la Secretaría de Agricultura de México y las Fundaciones Ford y Rockefeller. Este programa nació de la solicitud de asistencia técnica, por parte del gobierno mexicano, a efecto de aumentar la producción de maíz, frijol y trigo (*Premio Nobel*, 1970). Y se basó en la intensificación productiva por medio de la utilización masiva de paquetes tecnológicos, sustentados por cuatro pilares básicos: la generalización de las semillas híbridas de alta productividad, el empleo masivo de fertilizantes químicos y plaguicidas, la mecanización de las labores y la difusión del regadío (Segrelles, 2005).

Actualmente vivimos una agricultura posrevolución verde, en donde este paradigma se está agotando, ha entrado en crisis, siendo superado desde hace tiempo y cuestionado fuertemente por el cambio climático y por los nuevos paradigmas ecológicos (Barrera, 2011).

Es innegable que la agricultura convencional simbolizada por el modelo de la “*Revolución Verde*” logró un incremento significativo de la producción agrícola, sin embargo, el problema es el alto costo ambiental y social que genera y el gran subsidio energético que requiere, siendo confrontado por diferentes manifestaciones productivas que se pueden englobar en un nuevo pensamiento agrícola denominado *alternativo* (Ferrer, 2011; Escobar, 2011), en el que sobresale la agricultura orgánica (Ortigoza-Rufino, 2010), como una forma alternativa de producción para el manejo de los sistemas agrícolas, basada en la disponibilidad de los recursos de la región

### **2.3. Antecedentes de la agricultura orgánica**

La agricultura orgánica, se acerca a aquella que durante siglos se realizaba antes del uso de productos químicos, siendo importante mencionar que para el presente estudio ésta debe entenderse como un modelo alternativo al esquema de la Revolución Verde, impulsado después de la Segunda Guerra Mundial.

Inició en 1924, con el filósofo austríaco Rudolf Steiner, el cual presentó las formas alternativas de producción agrícola, que se originan de la ciencia llamada antroposofía, que constituyeron las bases para el desarrollo de la agricultura biodinámica. Al mismo tiempo, en 1930, Hans Müller de Suiza, da impulso a la agricultura orgánica, fundó el movimiento para la Reforma Agraria, que exploró el concepto de gestión de la tierra y la preservación de las explotaciones agrícolas familiares. Más tarde, el Dr. Hans Peter Rush, adopta estas ideas y las incorpora en un método basado en la utilización máxima de los recursos renovables, concentrándose en cuestiones de fertilidad y microbiología del suelo. En Japón en 1935, Mokichi Okada inicia la agricultura natural cuyas principales ideas eran el incremento del humus del suelo para obtener rendimientos sin fertilizantes y químicos agrícolas. (Tomas-Simin y Glavas-Trbic, 2016). En Estados Unidos en 1942, J.I. Rodale inicia su investigación para desarrollar y demostrar métodos prácticos de reconstrucción de la fertilidad natural del suelo. Por último, en Inglaterra en 1943, Lady Eve Balfour inicia un estudio sobre la comparación entre métodos agrícolas convencionales y naturales, que le han proporcionado el ímpetu para el establecimiento del movimiento orgánico (Shi-ming y Sauerborn, 2006).

El desarrollo de la agricultura orgánica puede resumirse en tres etapas: la etapa de emergencia (1924-1970). Antes de la Segunda Guerra Mundial, Alemania era un país favorable para desarrollar la producción biodinámica<sup>5</sup>, pero después de la Guerra el gobierno sólo estaba interesado en maximizar la producción, por ello, la agricultura biodinámica fue prohibida por los nazis en 1940, influenciada por la industria química de Alemania que estaba en pleno apogeo (Revolución Verde) entre 1930 y 1960. Después de la segunda guerra mundial, la agricultura orgánica juega un papel importante para restablecer la producción de los suelos deteriorados, pero comienza a tener un mayor impacto después de los años 70, con la creación del IFOAM, marcando una nueva tendencia en la producción de alimentos (Shi-ming y Sauerborn,2006).

---

<sup>5</sup> El término "biodinámica" fue acuñado en 1925 por Erhard Bartsch (1895-1960) y Ernst Stegemann (1882-1943), como combinación de dos aspectos principales: el carácter biológico de la fertilización, por un lado, y el efecto dinámico de las fuerzas naturales, por otro.

La etapa de expansión (1970 y 1980) se caracteriza por el incremento de los productos orgánicos y el establecimiento de los símbolos y esquemas del movimiento orgánico (Shi-ming y Sauerborn,2006). En esta etapa, (1972) se constituyó en Francia la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM), organización no gubernamental cuya misión era poner en evidencia los efectos desastrosos de la agricultura química, sin embargo, desde sus inicios estuvo orientado a la atención de un mercado “específico” que, sin embargo, dejó del lado aspectos políticos claves, que venían de las reivindicaciones campesinas como la participación social, el reconocimiento de los saberes ancestrales y las luchas campesinas por el acceso a recursos productivos (tierra, agua y mercados, etc.). La diferencia de criterios al interior del IFOAM hace que un grupo se separe y se funde el Movimiento Agroecológico de América Latina y el Caribe (MAELA). IFOAM se dirigía a clases altas preocupadas por la calidad, origen y proceso de cuidado de los alimentos, principalmente de Canadá, Inglaterra, Alemania, Francia y EE. UU., MICAELA, por el contrario, fomentó la agroecología enfocada en construir la soberanía alimentaria desde los campesinos hacia la sociedad. A este colectivo se le atribuye la creación del Sistema de Garantías Participativas (SGP), que valida la procedencia, cuidado y comercialización de los productos agroecológicos en toda la cadena productiva, fomentando estas prácticas en oposición a los Sistemas de Certificación<sup>6</sup> de productos por empresas, que son ajenas a la lógica campesina y que actúan como supuestas terceras partes, aunque en realidad están aliadas a la mercantilización de la agroecología y son cuestionadas hoy en día por pequeños y medianos productores (Pastor-Pazmiño *et al.*, 2017).

Después de que se estableció y desarrolló la infraestructura para la producción orgánica, se estableció una etapa de crecimiento (después de 1980), donde la agricultura orgánica ganó presencia y aceptación a nivel nacional e internacional y algunos gobiernos introdujeron esquemas económicos y de extensionismo para apoyar a los productores orgánicos. En los años 80 se ve desarrollar esta agricultura en la mayor parte de los países de Europa y Estados

---

<sup>6</sup> Las empresas certificadoras validan la procedencia y la calidad de los productos. Hay autores que afirman que estas empresas mercantilizan las agriculturas alternativas y atan la producción al mercado global.

Unidos (Shi-ming y Sauerborn,2006), mientras que Tomas-Simin y Glavas-Trbic (2016), afirman que los motivos originales para la transición a este sistema de producción fueron colocados por motivos económicos, en donde Suecia, Dinamarca y el gobierno alemán introdujeron incentivos que animan a los agricultores a participar en este sistema de producción.

En la actualidad, la agricultura orgánica ha experimentado un crecimiento continuo desde la década de los 80, momento en el cual se perfiló como una alternativa al modelo de producción de la revolución verde, llegando a ocupar actualmente 50.9 millones de hectáreas<sup>7</sup>, las cuales responden a la demanda de los consumidores preocupados por la salud propia y la del planeta, al mismo tiempo que suministra bienes públicos de protección al ambiente, bienestar animal y desarrollo rural. Sin olvidar que gran parte de esta agricultura es sostenida por pequeños productores, aquellos que reivindican los procesos tradicionales, nutren la organización y participación local y dependen en gran medida de los recursos ofrecidos por el medio ambiente (Gómez-Cruz *et al.*, 2010; Ochoa-Morales, 2010; Claridades agropecuarias, 2017).

A pesar de la aceptación que ha alcanzado la agricultura orgánica y la filosofía que la sustenta, aún no han terminado las discusiones sobre su definición. De acuerdo con Gómez-Cruz *et al.* (2010) existen varias definiciones que son objeto de debate, según el foro donde se trate: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Organización Mundial de la Salud (FAO-WHO), Unión Europea (UE) y la Federación Internacional de Movimientos de la Agricultura Orgánica (IFOAM), no obstante, tales definiciones coinciden en que es un sistema holístico de gestión de la producción que fomenta y mejora la salud del agroecosistema y en particular la biodiversidad, los ciclos y la actividad biológica del suelo, a través de prácticas que excluyen el uso de productos de síntesis química.

---

<sup>7</sup> De acuerdo con la última encuesta realizada por Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) a finales de 2015 sobre la agricultura orgánica certificada en el mundo, con información disponible de 172 países.

De acuerdo con la FAO (2014), la agricultura orgánica es un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos disponibles, minimizando las repercusiones ambientales y sociales, eliminando la utilización de fertilizantes, plaguicidas, medicamentos veterinarios, semillas y especies modificadas genéticamente<sup>8</sup>, para proteger el ambiente y la salud humana.

Para el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) la agricultura orgánica genera productos usando métodos que preservan el medio ambiente y evitan la mayoría de los materiales sintéticos como los pesticidas y antibióticos siguiendo un conjunto definido de normas (USDA, 2014).

En México, la Ley de Productos Orgánicos la define como un sistema de producción y procesamiento de alimentos, productos y subproductos animales, vegetales u otros satisfactores, con un uso regulado de insumos externos, prohibiendo la utilización de productos químicos (DOF, 2006).

El IFOAM (2015) indica que la agricultura orgánica es un sistema de producción que mantiene y mejora la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas. Se basa en los procesos ecológicos, la biodiversidad y los ciclos adaptados a las condiciones locales, sin usar insumos que tengan efectos adversos, promoviendo relaciones justas y buena calidad de vida para todos los involucrados.

No obstante, la definición que describe el presente trabajo de investigación, es la de Espinoza *et al.* (2007), quienes señalan a la agricultura orgánica como una estrategia de desarrollo para cambiar algunas limitaciones encontradas en la producción convencional y que más que una tecnología de producción, es una estrategia de desarrollo que se fundamenta no solamente en

---

<sup>8</sup> Los organismos genéticamente modificados (OGM) se dividen en (i) transgénicos, cuando utilizan material genético procedente de especies diferentes e (ii) intragénicos, cuando el material genético procede de la misma especie, modificándose la secuencia de bases que constituyen su información genética. Sin embargo, los transgénicos siguen la misma ruta de los productos de la revolución verde, con el agravante de modificar tremendamente la ruta evolutiva no sólo del reino vegetal, sino del hombre mismo (Mendoza, 2004 en Ayala, 2007).

un mejor manejo del suelo y un fomento al uso de insumos locales, sino también en un mayor valor agregado y una cadena de comercialización más justa.

### **2.3.1 Productos orgánicos certificados**

Son aquellos que han sido certificados por medio de un organismo de verificación quien delimita y norma que manejo agronómico realizarles, como almacenarlos, procesarlos y comercializarlos en base a una serie de estándares. Una vez que un organismo de certificación ha verificado la conformidad con los estándares orgánicos, el producto puede ser etiquetado como tal. Esta etiqueta será diferente en función de la entidad de certificación, pero puede ser tomado como una garantía de que los elementos esenciales que constituyen un producto "orgánico" se han cumplido (IFOAM, 2015).

### **2.3.2 La agricultura orgánica en México**

Inició en 1963, gracias a la demanda de productos orgánicos por países desarrollados, incitando de esta manera la agricultura orgánica en México (Gómez-Cruz *et al.*, 2006). Las tierras en donde se sembraba eran áreas de cultivo tradicional, regiones en donde no se empleaban sustancias químicas. La primera experiencia significativa se registró en Chiapas en 1967 (café orgánico) registrándose un mayor crecimiento y comercialización a mediados de los 80's; otras experiencias se tuvieron en Jalisco (1984, plátano orgánico) y Oaxaca (1988, café orgánico) (MPOAN, 2009; Ochoa-Morales, 2010). Para la década de los 90' da inicio la producción orgánica de miel (agave), jamaica, vainilla, aguacate y ajonjolí, entre otros. Hoy en día, los sembradíos están distribuidos a lo largo y ancho del territorio nacional, constituyéndose en una oportunidad económicamente viable para miles de productores de escasos recursos (Pérez, 2004; Procuraduría Federal del Consumidor, 2018).

En la actualidad, en el ámbito nacional, se reportan 1 millón 126 mil ha en producción orgánica, 27 mil 749 productores certificados, 162 mil 386 ha sembradas certificadas, 11 mil 380 ha en conversión y 952 mil 171 ha de recolección silvestre (Willer y Lernoud, 2017; Claridades Agropecuarias, 2017;

SIAP, 2018). En el Cuadro 4 se consigna la superficie sembrada por cultivo, destacándose el café como el principal cultivo orgánico en México, con una superficie de 44,226 ha sembradas.

### 2.3.2.1 Experiencias exitosas de producción orgánica en México

En cuanto a experiencias exitosas se destaca la empresa “La Flor de Villanueva” que mediante el proyecto: “Validación y transferencia de tecnología para la producción orgánica de nopal-tuna en el estado de Puebla”, con un cultivar sobresaliente de tuna roja (Rojo Vigor; *O. ficus-indica*), logró certificar 8 ha de producción orgánica, siendo los primeros a nivel nacional en realizarlo (IICA-COFUPRO,2010).

**Cuadro 4. Superficie de la agricultura orgánica por cultivo**

Cultivo	Superficie Sembrada (ha)
Café	44,226
Cártamo	10,805
Aguacate	9,804
Maíz	9,291
Agave	7,541
Pastos	7,491
Mango	7,394
Ajonjolí	5,313
Naranja	3,989
Sorgo	3,444
Frijol	2,965
Damiana	2,241
Chía	1,773
Jitomate	1,713

Fuente: SIAP, con datos de los Organismos de Certificación Orgánica, autorizados por SENASICA 2019.

En cuanto a otros cultivos, destaca el estado de Chiapas, donde los productores de la reserva “El Triunfo” se dedican fundamentalmente a la agricultura orgánica y a la ganadería sustentable. La tierra es de propiedad comunal y alrededor de 378,000 ha de cultivos orgánicos son dedicados a la producción de más de 40 cultivos diferentes (Pastor-Pazmiño *et al.*, 2017). La

reserva alberga a 126,000 productores, abasteciendo al total de los miembros de alimentos sanos y libres de químicos; el excedente es comercializado en mercados de ciclo corto y exportados a Canadá y Estados Unidos. Se considera también a este estado como el principal productor de café orgánico del mundo. Además, cuenta con otros productos orgánicos como: el cacao, la leche de vaca y derivados, el plátano, la miel, el mango, la lombricomposta y las hortalizas. Al menos el 45 % es de consumo local y el restante es para exportación (Ruiz-Rojas *et. al.*, 2012).

### **2.3.2.2 Diferencias con la agricultura convencional**

En este sentido, Gliessman (2002), afirma que la agricultura convencional<sup>9</sup> persigue dos objetivos: la maximización de la producción y de las ganancias, que de acuerdo con la FAO (2009), trata a los productos agrícolas como mercancías. Este tipo de agricultura se vio fuertemente influenciada mediante la *revolución verde*<sup>10</sup>. Por tanto, las principales diferencias con la producción orgánica, se manifiestan en la intensificación productiva mediante la utilización masiva de paquetes tecnológicos, sustentados por cuatro pilares básicos: la generalización de las semillas híbridas de alta productividad, el empleo masivo de fertilizantes químicos y plaguicidas, la mecanización de las labores y la difusión del regadío.

### **2.3.2.3 Desafíos y limitaciones de la agricultura orgánica**

Aunque la agricultura orgánica es vista como una de las mejores opciones, para mitigar los impactos negativos de la agricultura convencional y desempeñar un papel complementario a ésta, los hallazgos dan cuenta de la presencia de un conjunto de problemas y/o condiciones a lo largo de la cadena producción-consumo de productos orgánicos que además de frenar su

---

<sup>9</sup> La comunidad orgánica utiliza la expresión "agricultura convencional" para referirse a todos los sistemas agrícolas no orgánicos, desde los monocultivos más industriales hasta las prácticas de gestión integrada de plagas que se basan en comunidades ecológicas, pero permiten el uso de insumos sintéticos (FAO, 2009:30).

<sup>10</sup> El padre de la Revolución Verde, Borlaug, llevó a cabo sus trabajos inicialmente en México, para después extenderlos a la India y más tarde a África (Tamames, 1989).

dinamismo, pueden generar cambios significativos en su estructura. Primero, debe considerarse que la agricultura orgánica ésta basada en sistemas y ciclos ecológicos vivos, cuyo manejo trae consigo una serie de implicaciones desencadenadas por la existencia de características climáticas, ecológicas y biológicas intrínsecas a la agricultura en general. Segundo y derivado de lo anterior, la producción orgánica enfrenta una serie de limitaciones técnicas que conllevan a otras de carácter financiero y/o económico (Gómez-Cruz *et al.*, 2010).

## **2.4. Conceptos**

En el presente apartado, se abordaron de manera breve algunos conceptos que permitirán entender el contexto e interés de la presente investigación, como son:

### **2.4.1. Región**

Por la multiplicidad de usos y aplicaciones que ha tenido en diversos campos disciplinarios, el término región muestra hoy en día una gran cantidad de acepciones y significados conceptuales, sin que hasta la fecha exista una definición o concepto que lo describa. Incluso el término comparte por lo menos tres significados coloquiales similares, aunque con aplicaciones que responden a finalidades distintas, lo que en ocasiones acarrea algunas imprecisiones.

Para fines de este trabajo, como lo hacen notar Álvarez *et al.*, (2010), se consideró a la región como un recipiente neutral susceptible de llenarse con contenidos diversos.

#### **2.4.1.1 Región natural**

Herberston (1905), propuso dividir el mundo en regiones naturales homogéneas, basándose en clima, configuración del relieve y vegetación. Es así como la concepción de región natural es concebida como una porción de la superficie de la tierra, homogénea en cuanto a las asociaciones de factores

físicos y bióticos, tales como: geología, clima, suelos, hidrología, vegetación y fauna.

#### **2.4.1.2 Región económica**

De acuerdo con el criterio de homogeneidad, estas regiones están articuladas por el mercado y están normadas por los Distritos de Desarrollo Rural (DDR) en el caso de México.

#### **2.4.2. Desarrollo**

De acuerdo con Achkar *et al.*, (2005), el concepto de desarrollo aplicado a las sociedades humanas se alcanza cuando se logra un estadio superior y un equilibrio estable y armónico entre las partes de un organismo. El término alcanza amplios niveles de difusión después de la Segunda Guerra mundial, cuando los países industrializados comienzan a considerar y analizar el desvío creciente que separa a los países del “Tercer Mundo” de los industrializados, los especialistas de todo el mundo comienzan a buscar y desarrollar teorías que intentan explicar estos procesos. El resultado más importante de estas investigaciones son las teorías del desarrollo y subdesarrollo, siendo el subdesarrollo un proceso de retardo en una serie de países, en la ruta seguida por los países desarrollados.

Es así como surgen una serie de definiciones, una de las más difundidas es la siguiente: “...todos los pueblos de la Tierra deben transitar la misma huella y aspirar a una única meta: el desarrollo. El camino por seguir es aumentar la producción, base del crecimiento económico, clave para la prosperidad y la paz mundial” (1949, Truman Presidente de los EE. UU.).

Ante los fracasos de los paradigmas del desarrollo, subdesarrollo y progreso durante casi 40 años, a finales de la década de los 80’ surge un nuevo paradigma que intenta marcar otro rumbo de explicación y superación de los problemas en la gestión de los bienes de la naturaleza y la organización social

de los grupos humanos (Achkar *et al.*, 2005). Este es el desarrollo sustentable que se menciona más adelante.

Otros autores como Todaro y Smith (2012), plantean que el desarrollo de todas las sociedades debe tener por lo menos los siguientes objetivos:

1. Disponibilidad de bienes de sostenimiento vital básico, como alimentos, vivienda, salud y protección;
2. Elevar los niveles de vida, que incluye, mayores ingresos, mejores empleos y educación y;
3. Ampliar la gama de opciones económicas y sociales disponibles para las personas y las naciones y así liberarlos de la dependencia.

Los mismos autores definen el desarrollo como: "...el proceso por el cual se mejora la calidad de vida, elevando los niveles de autoestima y la libertad de todas las personas".

A su vez Amartya Sen (2000), también menciona que el desarrollo puede ser visto como un proceso de expansión de las libertades reales de las que goza la gente y que el desarrollo a su vez exige la eliminación de las principales fuentes de privación de libertad: la pobreza y la tiranía, la escasez de oportunidades económicas y las privaciones sociales sistemáticas, el abandono en que pueden encontrarse los servicios públicos y la intolerancia o el exceso de intervención de los Estados represivos.

Por lo cual, se puede decir, que de las distintas concepciones que existen sobre el desarrollo, no existe como tal, una que se acerque o represente a este concepto, ya que puede resignificar o invisibilizar diferentes cosas, dejando de lado aspectos como la pobreza, la desigualdad, el desempleo, entre otras problemáticas, siendo un concepto que está en permanente cambio, sin embargo para esta investigación, el "desarrollo", en su esencia, debe representar toda la gama de cambios por los cuales cada individuo y grupo social pueda satisfacer sus necesidades básicas y adquiera una calidad de vida mejor.

### 2.4.2.1 Desarrollo Sustentable

En 1983, la ONU creó la Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo, presidida por Gro Harlem Brundtland, Primera Ministra de Noruega, con la finalidad de analizar los problemas más críticos entre el desarrollo y el medio ambiente (Foladori y Tomasino, 2000), y proponer un desarrollo compatible con la conservación ambiental. Los resultados se presentaron en la publicación *Nuestro Futuro Común*, también conocida como Informe Brundtland, en 1987. En el Informe Brundtland se presentó, por primera vez, la definición general más aceptada de desarrollo sustentable. Desde entonces, se asume que desarrollo sustentable es aquel que responde a las necesidades del presente de forma igualitaria, pero sin comprometer las posibilidades de sobrevivencia y prosperidad de las generaciones futuras.

Adicionalmente, Foladori (2005), señala que existen dos elementos centrales en esta definición: a) la garantía para las futuras generaciones de un mundo físico-material y de seres vivos igual o mejor al que existe actualmente; y, b) un desarrollo con equidad para las presentes generaciones.

A partir de estas acotaciones, Foladori (2005) destaca las dos siguientes consideraciones:

1) El desarrollo sustentable está integrado por tres dimensiones: ecológica o ambiental, económica y social.

2) La equidad es un elemento importante del desarrollo sustentable.

Entonces, el desarrollo sustentable se desglosa en tres sustentabilidades: la sustentabilidad ecológica, la sustentabilidad económica y la sustentabilidad social. Se asume así que no puede haber desarrollo si una de estas condiciones no se cumple. El desarrollo y medio ambiente no pueden estar separados, porque el desarrollo no es posible si el medio ambiente se deteriora, y el medio ambiente no puede protegerse si el crecimiento no considera las consecuencias de la degradación ambiental (Pierri, 2005).

### 2.4.3. Sustentabilidad

A partir de la década de los sesentas, los temas ambientales y del desarrollo comienzan a tomar relevancia, toman fuerza los cuestionamientos en torno a los costos ambientales y sociales de los modelos de desarrollo dominantes y los efectos que la población tiene sobre los recursos naturales. El desarrollo sustentable surge como alternativa ante una evidente crisis ambiental y comienza a posicionarse en el contexto internacional a partir de la publicación del informe “Nuestro Futuro Común” y más tarde se incorpora en las agendas públicas como resultado de la Cumbre de Río en 1992.

De acuerdo con Astier *et al.*, 2000 y Achkar *et al.*, 2005, se entiende por sustentabilidad a la habilidad de un sistema ambiental de mantener la productividad, renovación y movilización de sustancias o elementos de la naturaleza, aún cuando sea sometida a estrés o perturbaciones, minimizando la generación de procesos de degradación del sistema (presentes o futuros). En este sentido la sustentabilidad tiene cuatro dimensiones, que interactúan entre sí:

- La dimensión físico - biológica: considera aquellos aspectos que tienen que ver con preservar y potenciar la diversidad y complejidad de los ecosistemas, su productividad, los ciclos naturales y la biodiversidad.
- La dimensión social: considera el acceso equitativo a los bienes de la naturaleza, tanto en términos intergeneracionales como intrageneracionales, entre géneros y entre culturas, entre grupos y clases sociales y también a escala del individuo.
- La dimensión económica: incluye a todo el conjunto de actividades humanas relacionadas con la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Resultando necesario redefinir conceptos de la economía tradicional, en especial los conceptos de necesidades y

satisfactorios, las necesidades materiales e inmateriales sociales e individuales.

- La dimensión política: refiere a la participación directa de las personas en la toma de decisiones, en la definición de los futuros colectivos y posibles. Las estructuras de gestión de los bienes públicos y el contenido de la democracia.

La sustentabilidad debe ser vista como una búsqueda permanente de nuevos puntos de equilibrio entre las dimensiones sociales, económicas, políticas, éticas y culturales (Ferrer, 2011).

#### **2.4.3.1 Sostenibilidad**

Principalmente, la sostenibilidad está muy ligada al concepto de desarrollo o desarrollo humano. El desarrollo sostenible a diferencia del desarrollo sustentable que tiene en cuenta las condiciones ambientales toma en cuenta las condiciones sociales, políticas y económicas del conjunto social, por lo cual incorpora la visión humana, de que el humano se desarrolle además de satisfacer sus necesidades y en ese desarrollo sus acciones sean pro-cuidado del ambiente y el entorno natural en el cual vive (Achkar et al., 2005).

#### **2.5. El marco MESMIS para la medición de la sustentabilidad**

El marco MESMIS es una metodología para evaluar la sustentabilidad de sistemas de manejo de recursos naturales (Matera *et al.*, 1999). Esta evaluación puede ser cuantitativa o cualitativa. El sistema, puede ser una unidad de producción agrícola, un cultivo, una comunidad o un proceso productivo que involucre la explotación o aprovechamiento de recursos naturales, que se evalúa en base a un conjunto de atributos generales (los atributos de sustentabilidad de un sistema de manejo de recursos naturales): productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, equidad, autogestión y adaptabilidad (Astier, 2006). Para la presente investigación se incluyeron algunos de estos atributos, con la

finalidad de determinar el enfoque de producción más compatible con la sustentabilidad.

La estructura operativa del marco MESMIS consiste en un proceso cíclico de seis pasos:

- 1) Definición del objeto de evaluación,
- 2) Determinación de los rasgos críticos del sistema,
- 3) Selección de indicadores estratégicos,
- 4) Monitoreo y medición de indicadores,
- 5) Síntesis e integración de resultados y
- 6) Conclusiones y recomendaciones (Masera *et al.*, 2000).

Los primeros tres pasos se centran en caracterizar al sistema y en definir un conjunto de indicadores de las dimensiones ambiental, económico y social. Los últimos tres pasos se enfocan al procesamiento (cualitativo y cuantitativo) de la información y a la emisión de un conjunto de recomendaciones y sugerencias para mejorar la sustentabilidad del sistema (López *et al.*, 2002).

Es importante destacar que la metodología MESMIS tiene la virtud de que los indicadores cubren las dimensiones ambiental, social y económica de la sustentabilidad. Para fines del presente trabajo, hay dos aspectos que es necesario resaltar del marco de evaluación MESMIS: la elección de los indicadores y el método de procesamiento de la información.

En el marco MESMIS no existe una lista predeterminada de indicadores. Se eligen aquellos que se consideren los más adecuados para la evaluación específica en cuestión. Sólo se establecen algunos rasgos generales como guía para la selección de indicadores. En este sentido, se recomienda que los indicadores sean integradores, flexibles, fáciles de medir y de entender (Masera *et al.*, 2000). Esta, que es una cualidad para el análisis de la sustentabilidad de una comunidad o un área restringida y que es el propósito de la metodología, impide utilizar la metodología para comparaciones a nivel macro.

En relación con el procesamiento de la información contenida en los indicadores, correspondientes a la quinta etapa del proceso de evaluación (síntesis e integración de resultados), no se establece una uniformidad de criterios sobre las herramientas de análisis, procesamiento e interpretación de resultados. Se acepta que el equipo evaluador elija los métodos que considere más apropiados y que decida si se opta por análisis cualitativo o cuantitativo. En el caso de técnicas cuantitativas se recurre con frecuencia a métodos de análisis estadístico multivariado (Masera *et al.*, 2000), sin que ello implique una disposición de carácter normativo. En algunos estudios de caso el procesamiento se reduce a la asignación de valores a los indicadores en una escala determinada arbitrariamente por el equipo evaluador, lo cual conlleva un elevado grado de subjetividad en la evaluación.

El marco MESMIS tiene la bondad de ser un proceso participativo y cíclico, lo que significa que involucra directamente a los productores o usuarios de los recursos manejados. Y el carácter cíclico tiene la ventaja de permitir el continuo mejoramiento de la evaluación.

El marco MESMIS permite la acumulación de experiencias de evaluación particulares, pero cada experiencia es a su manera única, porque utiliza sus propios criterios de diagnóstico, sus propios indicadores y su propia forma de procesar la información.

### **2.5.1 Rasgos generales del marco MESMIS**

- 1) Permite hacer operativo el concepto de sustentabilidad, asentado en las tres dimensiones de la sustentabilidad (ambiental, económica y social).
- 2) Es un enfoque participativo, que permite la interacción y participación de evaluadores y evaluados.
- 3) Es adaptable a diferentes niveles de información y capacidades técnicas.
- 4) Fue diseñado casi específicamente para el manejo de agroecosistemas.

- 5) Brinda una visión interdisciplinaria, lo que permite una mejor comprensión de los componentes de los agroecosistemas.
- 6) Permite establecer comparaciones (estudios comparativos) entre los sistemas de manejo vigentes y sistemas alternativos. Esta condición permite estimar en qué medida los sistemas alternativos pueden ser más sustentables que el sistema vigente o tradicional.
- 7) Permite identificar los puntos críticos, a partir de los cuales se pueden establecer recomendaciones para el mejoramiento del grado de sustentabilidad del agroecosistema.

### **2.5.2 El ciclo de evaluación MESMIS**

El ciclo de evaluación de un sistema con el marco MESMIS consta de seis pasos:

- 1) Caracterización del sistema de manejo, o unidad de producción (agroecosistema, caso de estudio). Incluye los componentes, subsistemas e interacción entre los subsistemas. Se definen las características del sistema a evaluar y el contexto socio ambiental de la evaluación. Esta etapa se conoce también como la definición del objeto de evaluación. Como se verá en el desglose de esta fase, en esta etapa se describe todo el manejo actual del sistema, es decir, la gestión (instrumento de sustentabilidad).
- 2) Determinación de las fortalezas y las debilidades del agroecosistema en términos de los atributos de sustentabilidad, de los puntos críticos que pueden afectar la sustentabilidad del agroecosistema (rasgos críticos del sistema).
- 3) Selección de indicadores estratégicos. Se entiende que éstos son los indicadores de sustentabilidad y se deben incluir las tres dimensiones, es decir, indicadores ecológicos o ambientales, económicos y sociales.

(Estos indicadores se seleccionan en base a toda la revisión de antecedentes, el marco teórico y el ensayo que se elaboró en la etapa previa).

- 4) Monitoreo y medición de indicadores, correspondiente al levantamiento de la información suministrada por tales indicadores.
- 5) Presentación e integración de resultados, lo cual significa, el procesamiento de la información para obtener los resultados cuantitativos o cualitativos, según sea al caso. En esta etapa se comparan los agroecosistemas analizados, se señalan los obstáculos más importantes para alcanzar la sustentabilidad, así como los aspectos que más la favorecen.
- 6) Conclusiones y recomendaciones del estudio. Se sugieren medidas para fortalecer la sustentabilidad del agroecosistema y para mejorar los procesos de evaluación posteriores (MESMIS).

### **2.5.3 Objetivos de los indicadores de sustentabilidad**

Medir la distancia y el sentido de la variación de un sistema ambiental entre el estado inicial del sistema (dato de la realidad) y el estado de transición del sistema hacia un escenario sustentable de desempeño de la sociedad.

De esta manera, dentro de la sustentabilidad, los indicadores ambientales, económicos, sociales y críticos, permiten reflejar la sustentabilidad de un cultivo en alguna región, es decir, los indicadores ambientales permiten medir los efectos causados a la biodiversidad y recursos naturales con la producción del cultivo a estudiar; los económicos permiten evaluar el nivel económico en el que se encuentra el cultivo, en comparación con otros cultivos; los sociales permiten determinar la importancia del cultivo para las familias de la región y los críticos son aquellos que aun pudiendo ser de carácter ambiental, económico o social, hacen referencia a aspectos específicos y concretos del cultivo.

## **2.6 Marco contextual**

### **2.6.1 Regionalización del área de estudio**

Para ésta investigación, se tomaron en cuenta las regiones socioeconómicas conformadas por los Distritos de Desarrollo Rural (DDR), debido a que son la base territorial para la implementación de los programas operativos del sector de producción rural, definidos de acuerdo con la producción y la demografía de las cuencas hidrográficas naturales (Congreso de la Unión, 2001). El DDR Zumpango, se localiza en las coordenadas: 19° 35' 00" y 19° 58' 00" de latitud norte y 98° 34' 50" y 99° 07' 06" de longitud oeste. Está integrado por siete municipios: Acolman, Axapusco, Nopaltepec, Otumba, San Martín de las Pirámides, Temascalapa y Teotihuacán; que ocupan una superficie de 908.17 km<sup>2</sup> correspondientes al 4.23% del territorio estatal, donde la principal actividad que se practica es la agricultura de temporal, siendo el nopal tunero el cultivo dominante, con una superficie cultivada de 15,936 ha (SIAP, 2020).

### **2.6.2 Condiciones físico-ambientales de los municipios en estudio.**

En concordancia con el Cuadro 5, en la Figura 3 se puede observar que el uso del suelo predominante en los municipios en estudio es la agricultura de temporal, con la presencia de una muy reducida área de riego, relictos de matorral crasicaule y bosque de encino (INEGI, 2009).

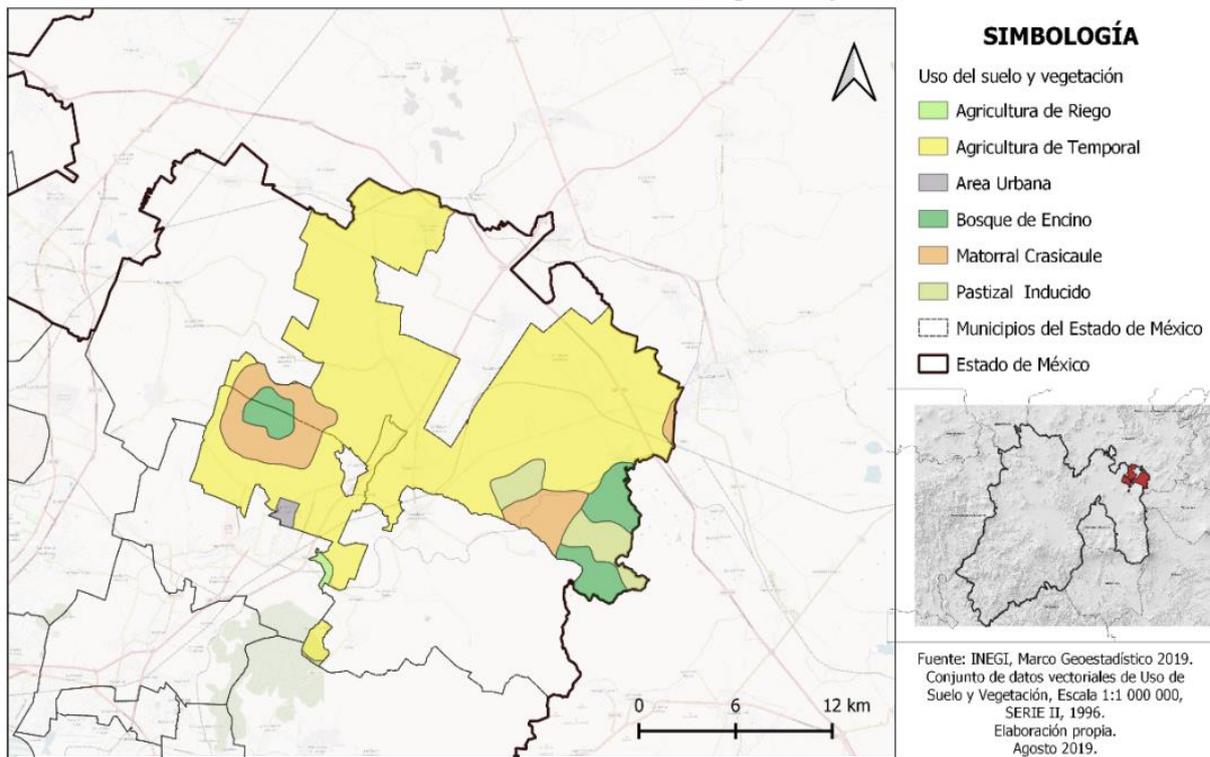
Cabe destacar que las condiciones agroclimáticas son propicias para que se desarrolle de manera óptima la producción de nopal y a su vez la ganadería. Sin embargo, en la mayor parte de la región se observan plantaciones de tuna que están envejeciendo, lo cual ha provocado el detrimento de la producción y el abandono del cultivo.

**Cuadro 5. Información general de San Martín de la Pirámides y Axapusco, Edo. de México.**

Variable	Valores o características	
	San Martín de las Pirámides	Axapusco
Municipio	<b>San Martín de las Pirámides</b>	<b>Axapusco</b>
Localización	Latitud 19°37'5.88" N a 19°46'22.08" N y Longitud 98°53'27.24" W a 98°45'41.04" W	Latitud 19°42'55.67" N a 19°54'22.08" N y Longitud 98°52'27.24" W a 98°36'50.46" W
Superficie	Ocupa el 0.3 % de la superficie del estado.	Ocupa el 1.03 % de la superficie del estado.
Altitud	2,300 msnm	2,500 msnm
Provincia fisiografica	Eje Neovolcánico (100 %)	
Subprovincia	Lagos y Volcanes de Anáhuac (100%).	
Sistema de topofomas	Lomerío de tobas (50.06%), escudo volcanes (43.4%), vaso lacustre de piso rocoso o cementando (6.32%) y lomerío de basalto (0.22%).	Lomerío de tobas (87.28%), llanura con lomerío de piso rocoso o cementado (5.3%), escudo volcanes (5.3%), sierra compleja (1.71%) y lomerío de basalto (0.41%).
Temperatura	12 – 16 °C	
Precipitación	500 – 700 mm	
Clima	C(w <sub>0</sub> )(w) Templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (75.2%) y seco con lluvias en verano, semiseco (24.8).	BS <sub>1</sub> kw (Semiseco templado con lluvias en verano). Semiseco (52.25%) y templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (47.75%).
Clase de Suelo	Phaeozem (90.37%), Durisol (2.41%), Leptosol (1.3%) y Vertisol (0.66%)	Phaeozem (76.0%), Durisol (17.61%), Leptosol (1.62%) y Vertisol (0.89%)
Uso de suelo	Agricultura de temporal	
Vegetación	Pastizal, matorral y bosque.	

**Fuente: INEGI (2009).**

A pesar de estas problemáticas, la tuna sigue siendo uno de los productos altamente demandados por la población, motivo por el cual se sigue cultivando y además se ha incursionado en la producción orgánica de la misma, como una estrategia para mejorar las huertas, restaurar el suelo y a su vez como una alternativa para mejorar sus ingresos y su calidad de vida.



**Figura 3. Uso del suelo y vegetación de San Martín de las Pirámides y Axapusco, Edo. de México. Fuente: Elaboración propia con datos del Marco Geoestadístico INEGI 2019.**

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

Para alcanzar los objetivos propuestos, el presente estudio consistió en la recolección de datos de campo para obtener información técnico-productiva y económica del cultivo, en los municipios de San Martín de las Pirámides y Axapusco, Estado de México, debido a que son los municipios en donde se tiene la mayor producción de tuna y en donde se ha incursionado en la producción orgánica de la misma. La investigación se realizó en el ciclo de producción 2019. Para ello se ubicaron y seleccionaron 6 parcelas de nopal, dos por enfoque de producción y con un tiempo de establecimiento similar, de la variedad "Reyna" (*O. albicarpa* Scheinvar). Se utilizó el diseño experimental factorial A \* B con arreglo de bloques al azar. Los tratamientos que se evaluaron fueron los tres enfoques de la producción que se practican en la zona que son: el orgánico, el intermedio y el convencional.

Con base en tales consideraciones, para cumplir los objetivos planteados en el presente estudio la primera tarea realizada fue la selección de huertas que reunieran las características de cada uno de los tres enfoques considerados (orgánico, intermedio y convencional). A continuación se detallan los materiales y procedimientos metodológicos adoptados.

#### 3.1 Procedimiento general

El procedimiento general incluyó recorridos preliminares de cotejo y contacto con posibles productores cooperantes; estos recorridos se realizaron entre abril y mayo de 2019, con la finalidad de:

a) establecer relación con algunos productores que pudieran facilitar sus huertas para llevar a cabo las evaluaciones;

b) conocer y cotejar la vigencia de los enfoques de producción de interés visitando varias huertas en cada municipio, efectuando una inspección y registro de su condición de manejo;

c) accesibilidad a las huertas que facilitaran el trabajo.

### 3.1.1 Selección de huertas

Con base en el análisis de la información recabada en los recorridos generales, observaciones de campo y posibilidades de trabajo, se procedió a la selección definitiva (Cuadro 6) de acuerdo a los criterios de:

a) edad de la huerta, intentando que fueran huertas con edad similar con fines de comparación;

b) condición de la huerta en cuanto a manejo y sanidad; y

c) disponibilidad de los propietarios de facilitar sus huertas como unidades de observación y experimentación.

**Cuadro 6. Información de las huertas seleccionada donde se llevó a cabo la investigación.**

Municipio	Enfoque	Productor	Localización	Características
San Martín de las Pirámides	Orgánico	Israel Alcívar	19.744, -98.887	Suelo feozem, 15 cm de profundidad, poca materia orgánica, pH de 5.5 y pendiente del 7%.
		Guzmán José Martín		
	Intermedio	Benites de la O	19.692, -98.811	Suelo feozem, 20 cm de profundidad, poca materia orgánica, pH de 5 y pendiente del 3%.
		Emiliano Díaz		
Axapusco	Convencional	Martínez Vicente	19.746, -98.890	Suelo feozem, 20 cm de profundidad, poca materia orgánica, pH de 5 y pendiente del 1%.
	Orgánico	García	19.771, -98.662	Suelo feozem, 30 cm de profundidad, poca materia orgánica, pH de 5 y pendiente de 1%.
		López		
	Intermedio	José Calixto Hernández	19.750, -98.792	Suelo feozem, 30 cm de profundidad, poca materia orgánica, pH de 4.5 y pendiente de 5%.
Convencional	Mario González	19.784, -98.738	Suelo feozem, 20 cm de profundidad, poca materia orgánica, pH de 5 y pendiente de 5%.	
		Ávila		

Como paso complementario una vez que se seleccionaron las huertas se procedió a seleccionar cinco plantas por enfoque de producción y por localidad en condiciones lo más homogéneas posible para las evaluaciones a realizar.

### **3.1.2 Productividad y calidad de fruta**

La productividad vegetal se puede medir en varias formas, tales como el número de cajas de fruta cosechadas, el peso de fibras, el rendimiento en grano o el total de peso aéreo producido (Gallegos-Vázquez y Méndez-Gallegos, 2000). En sí, la productividad es el reflejo de los efectos acumulativos de muchos factores sobre el crecimiento; tales como: el tipo de suelo, disponibilidad de agua en el suelo, temperatura, contenido nutrimental, entre otros, que determinan el desarrollo, crecimiento y productividad de las plantas (Nobel, 1994). En el concepto actual de la calidad de la tuna, los criterios dominantes son: tamaño de fruto y apariencia externa de la fruta y, de manera complementaria se señala para todas las clases, un contenido mínimo de 11° Brix, entre otros (Moreno y Campos, 1997). En consecuencia se midieron las variables siguientes.

En cada parcela o huerta se seleccionaron cinco plantas de nopal en estudio para la medición de los componentes del rendimiento y su estimación unitaria, para tal fin se contabilizó el número total de frutos por planta y se colectaron 10 frutos, tomados del centro de los cladodios situados en la periferia de la planta, adoptando la estrategia propuesta por Gallegos-Vázquez *et al.* (2019), que consistió en la medición de las variables que se describen a continuación:

**3.1.2.1 Tamaño del fruto:** se determinó el diámetro polar (largo) y ecuatorial (ancho), utilizando un Vernier digital, marca Westward (29AD36).

a) **Largo del Fruto (LF):** se midió de la base del fruto a la cicatriz del receptáculo (diámetro polar).

b) **Ancho del fruto (AF):** se midió la parte más ancha del fruto

**3.1.2.2 Peso total del fruto (PTF), peso de la pulpa (PP) y peso de la cáscara (PC) en g:** El peso de estos componentes del fruto se determinó con una balanza digital marca Ohaus, analytical plus, con aproximación de centésimas de gramo.

**3.1.2.3 Número total de semillas:** Se determinó por conteo directo el número de semillas totales (**NST**) y número de semillas abortadas (**NSA**).

**3.1.2.4 Sólidos solubles totales (SST):** Se empleó un refractómetro portátil óptico, marca GEMA. Las mediciones se realizaron en tres secciones del fruto (ápice, centro y base) extrayéndose una gota de jugo, tomándose el promedio como lectura final. Los resultados son expresados como ° Brix.

**3.1.2.5 Número de cladodios por planta (NCP):** se contabilizó el número de cladodios productivos por planta.

**3.1.2.6 Número de frutos por planta (NFP):** previo al muestreo y cosecha de los frutos se realizó un conteo directo del número de frutos totales por planta.

**3.1.2.7 Rendimiento (REND):** a partir del número de frutos totales por planta y del peso promedio de fruto se estimaron los kg de fruta por planta. Con base en este dato y de la densidad de plantación, se realizó una extrapolación para estimar el rendimiento en  $t\ ha^{-1}$ .

### **3.1.3 Análisis estadísticos**

Para el análisis de la información se utilizó el diseño experimental factorial A \* B con arreglo de bloques al azar; donde el factor A se refiere a los ambientes o niveles en términos estadísticos (San Martín de las Pirámides y Axapusco) y el factor B hace énfasis a los tratamientos (tres enfoques de producción: T1=orgánico; T2=intermedio y T3=convencional).

Para todas las variables se realizó un análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). El análisis estadístico se

realizó empleando el software del Statistical Analysis System (SAS versión 9.4) (Rebolledo-Robles, 2002).

### 3.2 Rentabilidad del cultivo de tuna

Para estimar el cálculo de la rentabilidad del cultivo de tuna , se obtuvieron los costos totales y el ingreso total de la producción por cada enfoque. La información se obtuvo mediante entrevistas a productores, pláticas informales, trabajo de campo y consulta de precios en casas comerciales de la región.

Los costos de producción se definen como la inversión de capital en las actividades del proceso productivo. Según García (1992) este es un parámetro que ocurre en un lugar, en un tiempo, con una tecnología determinada y con un sistema de administración particular. En consecuencia, la producción de un mismo producto puede implicar costos de producción diferenciales en función de los precios de los factores productivos, sobre todo de la cantidad en que se suministren y de la calidad de estos.

Los costos para determinar la rentabilidad en el cultivo de tuna fueron divididos en dos partes:

- ✚ Costos directos: se incluyó insumos y medios de producción (insumos orgánicos, agroquímicos, renta de maquinaria y equipo y mano de obra);
- ✚ Costos indirectos: se incluyó el costo anual de la inversión en capital (maquinaria, renta de la tierra y gastos generales).

Respecto al ingreso total por hectárea, una vez terminada la temporada de cosecha, se tomaron como referencia los precios pagados en 2019 en la zona de producción y el rendimiento por hectárea, estimado por el número de cajas obtenidas y el peso de cada una.

Para determinar la rentabilidad se utilizaron las expresiones siguientes, basadas en Ayala-Garay *et al.*, (2013):

$$CT = P_x X$$

Donde:  $CT$  = Costo total de la producción,  
 $P_x$  = Precio del insumo o actividad y  
 $X$  = Actividad o insumo.

$$IT = P_y Y;$$

Donde  $IT$  = Ingreso total ( $\$ \text{ ha}^{-1}$ ),  
 $P_y$  = Precio en el mercado del cultivo ( $\$ \text{ t}$ );  
 $Y$  = Rendimiento del cultivo ( $\text{t ha}^{-1}$ ).

La rentabilidad finalmente es igual a:

$$\text{Rentabilidad} = IT - CT$$

### 3.3 Sustentabilidad del nopal tunero

En este contexto, se han venido desarrollando una serie de posturas sobre la relación que guarda la producción de alimentos y su papel en las cuestiones ambientales y del desarrollo. Motivo por el cual, en la presente investigación, que comprende aspectos productivos, de manejo, ambientales, económicos y sociales, se utilizó la metodología del marco MESMIS (marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales incorporando indicadores de sustentabilidad) para evaluar la sustentabilidad del cultivo de tuna en la región de Teotihuacán, planteada por Llamas-González, (2019).

Desde el punto de vista de Astier *et al.* (2002), es un modelo metodológico o matriz de referencia dinámico no estático, que evoluciona de acuerdo con las necesidades inmediatas para enriquecer el desempeño de este y es acorde al objeto de estudio de análisis por su escala de evaluación y especificidad. La cual

la cual ha sido concebida y aplicada para la evaluación de sistemas productivos donde aparecen las tres dimensiones de la sustentabilidad, es decir, la ambiental, la económica y la social.

Dado que el estudio contempla el manejo de indicadores de todas estas dimensiones, los principales elementos de la metodología del marco MESMIS se consideran adecuados para integrar la información involucrada, tanto para el planteamiento empírico del problema, como para la interpretación de los resultados. Cabe mencionar, que “no” se contempla un apego riguroso a esta metodología, sino más bien es una adaptación de esta de acuerdo con las características propias del presente proyecto de investigación.

En el Cuadro 7 se sintetizan los indicadores para evaluar la sustentabilidad, en donde, se tomaron en cuenta dos criterios para su selección.

Criterio 1: Indicadores estratégicos, asociados a factores críticos en la agricultura, la región y el cultivo en estudio.

Criterio 2: Indicadores ambientales, económicos, sociales y de manejo. (visión integral de la sustentabilidad).

### **3.3.1 Definición de valores límite**

Para poder establecer los valores límite de las variables a evaluar (Cuadro 8), se tomó en cuenta que existen dos tipos de fuente de información. De acuerdo con Ibáñez-Pérez (2012), hay indicadores objetivos, que se fundamentan con información de datos provenientes de los estudios técnicos (precipitación media anual, temperatura, humedad), el valor límite se establece con base en algún criterio técnico establecido, e indicadores subjetivos, que reflejan las percepciones y opiniones del productor respecto a su situación (disminución del rendimiento del cultivo, disminución de la fertilización, aumento de plagas y enfermedades, extinción de la flora y fauna silvestre) estos valores se tomaron de acuerdo a tres rangos: los que se ubican por encima, en el intermedio y por debajo del valor promedio, es decir, la asignación se basó en una escala del 0 al

10, discriminando los extremos (0 y 10) y los valores restantes en la escala (1,2,3,4,5,6,7,8,9,) se dividieron en tres rangos (1,2,3) = 3 alto impacto ambiental; (4,5,6) = 6 impacto moderado y (7,8,9) = 9 bajo impacto; en donde a cada rango se le asignó un valor límite con su correspondiente información o dato de referencia, una vez obtenidos los datos, se evaluaron en un programa que permite analizar la sustentabilidad del cultivo de tuna. Para obtener la siguiente información se partió del trabajo de campo, entrevistas e información técnica de la región y del cultivo.

**Cuadro 7. Indicadores para evaluar la sustentabilidad en el cultivo de nopal tunero.**

<b>Dimensión de la sustentabilidad</b>	<b>Indicador</b>
Entorno físico natural	(Temperatura) adaptación del cultivo al clima local (Humedad) adaptación del cultivo a la precipitación local (Pendiente) % de pendiente del suelo (Plagas) aumento de plagas en los últimos 10 años (Fertilidad) disminución de la fertilidad en los últimos 10 años
Ambiental	(Servicios ambientales) el cultivo brinda algún servicio ambiental (Ciclo del cultivo) si el cultivo es anual o perenne (Abono o estiércol) se aplica algún tipo de abono natural al suelo (Control biológico) Se aplica algún método de control biológico (Mercado) local, regional, nacional, internacional
Económica	(Rendimiento) disminución del rendimiento por ha en los últimos 5 años (Inversión requerida) para implementar el cultivo (Asociación de productores) pertenece a alguna asociación u organización de productores
Sociales	(Tradición cultural) es un cultivo representativo de la cultura y gastronomía mexicana (Integración comunitaria) las UDP realizan actividades de integración comunitaria
Indicadores estratégicos o críticos	(Agrotóxicos) Aplicación y tipo de pesticidas (Agrotóxicos) Aplicación y tipo de fertilizantes (Agua) Origen y consumo de agua (Energía) Nivel de mecanización (Biodiversidad) Monocultivo o multicultivo (Suelo) Nivel de erosión del suelo (Suelo) contenido de materia orgánica

(Fauna silvestre) disminución de fauna silvestre con el paso del tiempo  
 (Rentabilidad) del cultivo  
 (Mano de obra) por ha

Fuente: Llamas, 2019.

**Cuadro 8. Fuentes de información de donde se obtuvieron los valores para cada indicador.**

<b>Indicadores</b>	<b>Fuente de información (objetiva y subjetiva)</b>
Temperatura	Estudios técnicos del cultivo de nopal tunero.
Humedad	
Ciclo del cultivo	
Tradición cultural	
Pendiente	Medición directa con un clisímetro manual.
Plagas	Entrevistas con los productores cooperantes.
Fertilidad	
Servicios ambientales	
Abono o estiércol	
Control biológico	
Mercado	
Rendimiento	
Inversión requerida	
Asociación de productores	
Integración comunitaria	
Agrotóxicos	
Agua	
Energía	
Biodiversidad	Observación directa en campo y estudios técnicos de la región.
Fauna silvestre	
Mano de obra	Estudios técnicos en la región.
Suelo, erosión	
Suelo, materia orgánica	
Rentabilidad	Se realizó el calculo en base a los datos de las entrevistas.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presentación de los resultados y la discusión de los mismos, se hará siguiendo el orden de los objetivos planteados en torno a la descripción de los enfoques de producción estudiados, la productividad generada en cada uno de ellos, la estimación de su rentabilidad y el cálculo de los índices de sustentabilidad.

### 4.1 Descripción de los enfoques de producción de tuna en San Martín de las Pirámides y Axapusco, Estado de México.

Las primeras plantaciones de tuna en la región se establecieron en 1985, de acuerdo con la narrativa de Alcívar-Romero<sup>11</sup>, "...mi abuelo fue uno de los primeros en iniciar con el cultivo, para alimentar al ganado y controlar la erosión del suelo". Con el paso de los años se convirtió en una excelente alternativa económica, debido a que se obtenían rendimientos de 15 t ha<sup>-1</sup>, siendo uno de los cultivos mejor adaptados a las condiciones edáficas y climáticas de la región. Estudios similares revelan que, a pesar de que el nopal tunero, en el Estado de México se inició como una alternativa para el control de la erosión, este ha resultado una excelente alternativa económica para los productores, por lo que hoy en día es una de las actividades más importantes y una de las pocas opciones agrícolas, debido a las condiciones edáficas y climáticas de la zona (Terrazas, 2004). A su vez, el Consejo Mexiquense de Nopal-Tuna, A. C. (1999) reportó que en la región la producción de tuna es semi-intensiva y en las huertas se practican actividades como la poda, la fertilización, el control de plagas enfermedades y malezas, el terraceo individual de plantas para la cosecha de agua de lluvia y la utilización intensiva de mano de obra.

Con base en un aceptable nivel de manejo, uso de mano de obra y suministro de insumos la producción de tuna se convirtió en una opción productiva central en la economía de la región, alcanzando rendimientos promedio de 11.4 t ha<sup>-1</sup>, contando, además, con la ventaja de la proximidad de

---

<sup>11</sup> Comunicación personal de José Lorenzo Alcívar-Romero, productor de tuna orgánica en San Martín de las Pirámides, Estado de México, 20-08-2019.

la Ciudad de México (Mondragón-Jacobo y Gallegos-Vázquez, 2013), principal centro de consumo de tuna. A pesar de dichas ventajas los productores, en la actualidad enfrentan problemas asociados con una marcada concentración de la producción, calidad de fruta no estandarizada y una deficiente estrategia de mercado, a lo cual se suma el envejecimiento de las plantaciones y el escaso rejuvenecimiento o reemplazo de estas.

El SIAP (2020) registra para la Región Centro 15,936 ha de plantaciones de nopal tunero, de las cuales un porcentaje cercano al 99% se manejan bajo el enfoque convencional basado en la utilización generalizada de productos de síntesis en las tareas de control de malezas, control de plagas y enfermedades y nutrición de la planta, el porcentaje restante se manejan bajo los enfoques intermedio y orgánico. En esta realidad, el manejo de los tres enfoques de producción difiere en algunas prácticas agrícolas y en el tipo de insumos utilizados, puesto que el 100% de las plantaciones estuvieron bajo el manejo convencional y detalles como la densidad de plantación ( $665 \text{ plantas ha}^{-1}$ ), la variedad y procedimiento de cosecha continúan siendo comunes a los tres enfoques. En los municipios en estudio, de acuerdo con las prácticas agrícolas realizadas en las huertas, se abordaron los tres enfoques de producción, los cuales se consignan de manera sucinta en el Cuadro 10.

#### **4.1.1 Enfoque convencional**

Como se ha mencionado anteriormente, desde la década de los setentas, con la revolución verde, se ha hecho uso de fertilizantes de síntesis química basados en el famoso N-P-K que solo han empobrecido los suelos, deteriorando la micro fauna, contaminado los mantos freáticos entre otros perjuicios, siendo hasta la actualidad las más utilizadas para la producción de alimentos. En este caso, la producción bajo este enfoque se basa en un alto consumo de insumos de síntesis (agroquímicos) cuya aplicación tiene como objetivo central maximizar los rendimientos, sin considerar los posibles efectos negativos que se puedan generar en el entorno, efectos que se reflejan en el alto costo ambiental y social que genera y el gran subsidio energético que requiere.

La fertilización es una de las prácticas de manejo del cultivo más importantes y en conjunto con el control de plagas y enfermedades, aseguran altos rendimientos y fruta de calidad, siempre y cuando se realicen de manera eficiente (Méndez-Gallegos *et al.*, 2013). En relación con la nutrición de las plantas, en la Región Centro, se basa en la utilización de fertilizantes químicos, además, los productores suministran un promedio de 7 a 10 t ha<sup>-1</sup> de estiércol de bovino o porcino, seis meses antes del periodo de brotación, con una periodicidad de cada dos años. Adicionalmente, se realizan dos aplicaciones de fertilizantes (diferentes mezclas de Triple 17, sulfato de amonio, superfosfato de calcio y cloruro de potasio): la primera en marzo o a inicio de las lluvias para favorecer la brotación; la segunda aplicación en el mes de junio durante las etapas de llenado y maduración del fruto. Coincidiendo con lo encontrado por Pimienta (1990), quien reportó que los fertilizantes minerales más usados son de liberación lenta, como el sulfato de amonio, superfosfato de calcio triple y cloruro de potasio los cuales son usados más eficientemente por la planta de nopal.

En cuanto al control de las malezas, aun cuando también utilizan métodos mecánicos como el chaponeo con machete, el principal método de control se basa en el uso generalizado del herbicida comercial FAENA (glifosato) a razón de 1 L / 200 L de agua ha<sup>-1</sup>, se aplica 1 o 2 semanas antes de la cosecha. Al hablar del uso de herbicidas en el control de malezas, Gallegos-Vázquez y Méndez-Gallegos (2000) precisan que a pesar de la importancia socioeconómica del cultivo del nopal, no se han desarrollado productos específicos para emplearse en dicho cultivo, por lo que su uso generalizado conlleva un riesgo de causar daños a las plantas, aunado a los efectos residuales (contaminación) en el ambiente y en el producto final de esta actividad, la fruta, que ha de destinarse al consumo en fresco (Gallegos-Méndez *et al.*, 2013)

Los insectos plaga del nopal tunero son considerados uno de los principales factores bióticos que se presentan año con año en las plantaciones comerciales; sus daños reducen la cantidad y calidad de la cosecha, así como la duración de la vida productiva de la planta. Mena (2013) hace un listado de insectos plaga, de los cuales un buen número están presentes en las plantaciones de los municipios de estudio; sin embargo, la mayoría de los

productores destacan los daños causados por la grana o cochinilla (*Dactylopius opuntiae*), tanto por su severidad, la reducción en la producción y en la calidad de la fruta obtenida. Para el control de la cochinilla se utiliza el producto Clorpirifos a dosis de 1 L / 200 L de agua ha<sup>-1</sup>, con resultados poco satisfactorios ya que las poblaciones del insecto solo disminuyen temporalmente, ya sea por la poca eficacia del insecticida o bien por mal aplicación. Al respecto Mena (2013) indica que todos los insecticidas utilizados contra grana cochinilla son de contacto, lo que requiere que el producto debe de impregnarse en el cuerpo del insecto para matarlo, por lo tanto, sí el insecticida no cubre a una proporción importante de la población del insecto por las gotas de la aspersión, mayor será la falla en el control. Dentro de este rubro, se hacen otras aplicaciones, como el acaricida aplicado para el control de algunas especies de chinches, ácaros o trips, a dosis de 1 L / 200 L de agua ha<sup>-1</sup>.

La poda se define como la acción de cortar o eliminar las pencas o cladodios innecesarios de la planta de nopal para que se desarrolle y fructifique mejor o bien que adquiera una forma determinada. En el nopal tunero la poda es de suma importancia no sólo por la presencia de espinas y ahuates que dificultan su manejo y la cosecha de frutos (Méndez *et al.*, 1995; Méndez, 1997), sino también por las diversas funciones del cladodio como son: fotosíntesis, almacenamiento y sostén (Becerra, 1975; Martínez, 1998). En el marco del enfoque convencional, se practican los tres tipos de poda siguientes: a) poda de formación, este tipo de poda es más bien común en plantaciones nuevas a fin de darle la forma deseada a la planta, en este caso que las plantaciones tienen arriba de 20 años, esta poda se practica para facilitar el acceso entre los nopales y para regular la altura de la planta; b) poda sanitaria, se realiza a criterio del productor y si la huerta presenta daños por alguna plaga o enfermedad, de lo contrario no se considera necesaria, c) poda de producción, se realiza en noviembre y diciembre y consiste en eliminar un determinado número de pencas productivas completas para regular la carga. Desafortunadamente, los desechos de la poda se dejan en el suelo hasta que se descomponen, propiciando la generación de plagas y enfermedades, por lo que se sugiere adoptar el criterio propuesto por mena (2013) en el sentido pencas podadas no se dejen tiradas dentro de la huerta o a las orillas de esta por lo que se deben enterrar, quemar

o usarlas como alimento para el ganado. El aclareo de fruto no se realiza por considerarse innecesaria.

La cosecha, sus criterios y métodos, son comunes a los tres tipos de enfoques, siendo del tipo manual, con ayuda de guantes de hule o cuero, girando el fruto para trocearlo, tomando en cuenta el tamaño, la madurez del fruto y el elevamiento de la cavidad floral. Esta actividad se realiza por las mañanas cuando no hay viento que disemine los ahuates. Una vez realizado el corte, traslado y acopio de la tuna el siguiente proceso es la limpieza o desespinado del fruto, proceso que en la actualidad se lleva a cabo a través de una máquina desespinaadora, de la cual existen en la zona de estudio varios prototipos con diferente capacidad.

#### **4.1.2 Enfoque intermedio**

El hecho de combinar practicas convencionales y agroecológicas, como lo es la aplicación de biofertilizante, se podría pensar que se trata de un modelo de manejo integrado, sin embargo, tales prácticas no se aplican con un modelo o control determinado, de manera que se pueden considerar como plantaciones bajo un esquema de transición del enfoque convencional estricto a uno que prescindan del uso de productos de síntesis en las prácticas de manejo de malezas, plagas y enfermedades; en el enfoque intermedio el empleo de agroquímicos se reduce de manera significativa y solo se suministran si se presenta alguna causa que ponga en riesgo la producción.

Así, bajo este enfoque, se combina la aplicación de biofertilizante, aunque se reduce a una sola aplicación, sin usar otro tipo de productos que aporten nutrimentos para el crecimiento y desarrollo de la planta, por lo que se recurre a fertilizantes minerales como el Polyfeed (19-19-19) y cloruro de potasio, aplicándolos antes de la brotación el primero y en junio durante el llenado del fruto el segundo. Como se puede entender el productor trata de mejorar calidad de fruto con la aplicación de mayores cantidades de potasio.

El control de las malezas reporta productos y criterios semejantes a los descritos para el enfoque convencional, es decir, se lleva a cabo mediante la aplicación de algún herbicida cuyo ingrediente activo es el glifosato, a una dosis de 1 L / 200 L de agua ha<sup>-1</sup>, 15 días antes de la cosecha, para facilitar esta actividad.

Es oportuno que señalar que el inicio de la temporada de lluvias ocurre unas pocas semanas antes de iniciar con la cosecha, lo cual ocurre a partir de la segunda semana de junio, de manera que las malezas se encuentran en una fase juvenil, con un crecimiento aún bajo.

Como se dijo con anterioridad, el principal problema por plagas lo representa la grana o cochinilla, insecto que se trata de controlar mediante control químico con Diclorvos a dosis de 1 L en 200 L de agua ha<sup>-1</sup>, adicionando un adherente (Pulsar) a fin de aumentar la eficacia del insecticida Adherente (.250 L), para el control de cochinilla, si esta no ha invadido el cultivo solo se aplica un poco de caldo sulfocálcico y jabón potásico, productos propios del enfoque orgánico.

Tal y como se describió en la realización de la poda de formación para el enfoque tradicional, consiste en eliminar pencas con el propósito de abrir espacios para el desplazamiento entre líneas de nopales dentro de la huerta, puesto que se trata de huertas adultas, con por su densidad de plantación dificultan el movimiento de los operarios encargados de las diferentes labores de mantenimiento y cosecha. Se realiza de octubre a noviembre a criterio del productor y de acuerdo con la alternancia del cultivo; desafortunadamente, también se dejan los desechos de la poda en el suelo hasta que se descomponen, propiciando la generación de plagas y enfermedades. Ocasionalmente realizan el control mecánico mediante el uso de implementos manuales.

**Cuadro 9. Prácticas agrícolas y tipo de insumos empleados en el manejo de los enfoques de la producción de tuna en San Martín de las Pirámides y Axapusco, EDOMEX.**

<b>Enfoques</b>	<b>Producción orgánica</b>	<b>Producción intermedia</b>	<b>Producción convencional</b>
<b>Descripción</b>	Huertas que anteriormente se trabajaron de manera convencional y actualmente tienen 5 años de manejo orgánico.	Plantaciones en transición, que usan el mínimo de agroquímicos solo si se presenta alguna causa que atente contra la producción.	Plantaciones basadas en alto consumo de insumos externos (agroquímicos) para aumentar la producción.
<b>Biofertilización</b>	Biofertilizante y lactofermento de tercera generación con fosfitos. Se aplican con parihuela, de 4 a 6 veces en diferentes épocas del año (marzo, junio, julio, agosto)	Se realizó aplicación de biofertilizante una sola vez.	No aplica
<b>Fertilización</b>	No aplica	Aplicación de Polyfeed (Triple 19) y Cloruro de potasio, antes de la brotación y una segunda aplicación en junio durante el llenado del fruto.	Aplicación de Triple 17, sulfato de amonio, superfosfato de calcio y cloruro de potasio a partir de mayo o a inicio de las lluvias y una segunda aplicación en junio durante el llenado y maduración del fruto.
<b>Control de malezas</b>	Se combina el control manual (tres o más por año); mecánico (desbrozadora en los pasillos) y el pastoreo de ovejas.	Control químico con glifosato (1 L / 200 L de agua por ha <sup>-1</sup> ), 15 días antes de la cosecha, para facilitar esta actividad.	Control químico con Machete o Faena (1 L / 200 L de agua por ha <sup>-1</sup> ), se aplica 1 o 2 semanas antes de la cosecha.
<b>Abonado</b>	No se aplica estiércol fresco, se prepara como biofertilizante.	Se aplican 5 t ha <sup>-1</sup> de estiércol de vaca, 3 a 6 meses antes de la brotación, cada tres años.	Se aplican de 7-10 t ha <sup>-1</sup> de estiércol de vaca o puerco, 6 meses antes de la brotación cada dos años.
<b>Control de plagas y enfermedades</b>	-Cochinilla: se aplica jabón potásico, ceniza y ácido piroleñoso, con una segunda aplicación a los 10 o 15 días. -Gusano cebrá: control manual. -Caldo sulfocálcico; caldo bordelés sencillo y jabón potásico a inicio de la	Mediante control químico con Diclorvos (1 L) y Pulsar Adherente (.250 L) en 200 L de agua por ha, para el control de cochinilla, si esta no ha invadido el cultivo solo se aplica un poco de caldo sulfocálcico y jabón potásico.	Control químico con Clorpirifos (grana) y Rogor Dragón 400 (acaricida), dosis (1 L / 200 L de agua por ha <sup>-1</sup> ).

	<p>brotación como preventivo (biofungicidas).</p> <p>-Fermento de chicalote y pirul; macerado de higuera, tabaquillo, estafiate y epazote de zorrillo (repelentes e insecticidas).</p>	
<b>Poda de formación</b>	<p>Se realiza en octubre, al final los residuos de la poda se trasladan a espacios destinados para picarlos y aplicarles caldo sulfocálcico para evitar que prosperen plagas y enfermedades.</p>	<p>Se realiza de octubre a noviembre a criterio del productor y de acuerdo con la alternancia del cultivo, los desechos de la poda se dejan en el suelo hasta que se descomponen, propiciando la generación de plagas y enfermedades.</p>
<b>Poda de sanidad</b>	<p>Se realiza en octubre y los residuos reciben el mismo manejo que la poda de formación.</p>	<p>Se realiza a criterio del productor y si la huerta presenta daños por alguna plaga o enfermedad, de lo contrario no se considera necesaria.</p>
<b>Poda de producción</b>	<p>Consiste en realizar un corte horizontal a los cladodios productivos de octubre a diciembre, para promover la brotación horizontal, obteniendo frutos homogéneos y de mayor tamaño (Alcívar, 2019).</p>	<p>Se realiza de octubre a diciembre, quitando pencas completas, esta actividad depende del criterio del productor, ya que no siempre se realiza.</p>
<b>Aclareo o raleo de frutos</b>	<p>Consiste en quitar frutos de la penca dejando entre 6 y 8, para promover frutos grandes de mejor calidad (Alcívar, 2019).</p>	<p>Debido a que la huerta presenta pocos frutos esta actividad no es necesaria.</p>
<b>Cosecha</b>	<p>Manual, con ayuda de guantes de hule o cuero, girando el fruto para trocearlo, tomando en cuenta el tamaño, la madurez del fruto y el elevamiento de la cavidad floral. Esta actividad se realiza por las mañanas cuando no hay viento que disemine los ahuate.</p>	
<b>Transporte y recepción</b>	<p>Se colocan en cajas de plástico que son llenadas hasta la mitad para poderse estivar y así son transportados hasta la desespina.</p>	
<b>Desespina</b>	<p>Se realiza de forma mecánica, por medio de máquinas equipadas con cepillos que poseen rodillos cubiertos con cerdas de plástico, sobre los cuales se hacen pasar las tunas para eliminar los ahuate.</p>	
<b>Comercialización</b>	Tianguis orgánicos	Venta a intermediarios de la región

**Fuente:** Elaboración con información proporcionada por los productores de tuna de San Martín de las Pirámides y Axapusco, Estado de México, 2019.

La poda sanitaria se realiza en los mismos meses del año y criterios que en el enfoque convencional, mientras que la poda de producción solo difiere en el que está práctica consiste en eliminar pencas completas de acuerdo con el criterio del productor y con la particularidad de que no se realiza con regularidad todos los años. El aclareo de fruto no se realiza por considerarse innecesaria debido a que bajo este enfoque en la mayoría de los años la carga de frutos es baja y la cosecha se realiza bajo criterios comunes ya descritos para el enfoque convencional.

#### **4.1.2 Enfoque orgánico**

La agricultura orgánica es una técnica de cultivo que no utiliza insumos sintéticos, a fin de eliminar la contaminación del agua y suelo, así como preservar los nutrientes del suelo. Es un sistema de producción que pone énfasis en la fertilidad del suelo, la actividad biológica utilizando recursos del propio entorno y el fomento de la conservación del suelo y de los propios agroecosistemas.

Un hecho que cabe destacar es que no existen huertas que se hayan establecido de origen bajo el enfoque orgánico, de manera que las huertas que en la actualidad se manejan con este enfoque, estuvieron por más de 20 años, en la mayoría de los casos, trabajadas de manera convencional, y ante la iniciativa de los productores innovadores y visionarios las introdujeron al manejo orgánico, aunque son contadas y menores las huertas certificadas, pues varias están en vías de lograrlo, es decir se encuentran en el proceso de conversión. Esta situación confirma que a pesar de la aceptación que ha alcanzado la agricultura orgánica y la filosofía que la sustenta, en el caso de la producción de tuna se ha adoptado marginalmente con 17 ha orgánicas, entre las casi 16,000 ha establecidas en la Región Rentro. Como afirman Gómez-Cruz *et. al.* (2010); Claridades Agropecuarias (2017); Willer y Lernoud (2017) y datos del SIAP (2018), en la Región Centro, la agricultura orgánica está sostenida en mayor medida por pequeños productores, que reivindican los procesos tradicionales, nutren la organización y participación local y dependen en gran medida de los recursos ofrecidos por el medio ambiente. Lo anterior, le confiere una

importancia estratégica, dado que puede contribuir a la generación de empleo con mejores ingresos, la reducción de la migración, la obtención de un mejor nivel de vida, la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad ambiental (IFOAM, 2010).

Con base en estas premisas, en el presente estudio se abordó el sistema de producción de tuna que se practica en los municipios de San Martín de las Pirámides y Axapusco, Estado de Méx., bajo un enfoque de manejo de la agricultura orgánica, cuyas principales características se describen a continuación.

En la nutrición de la planta, no se aplican fertilizantes inorgánicos, quedando excluidos por completo este tipo de producto de síntesis. Podría asumirse que al no utilizar fertilizantes químicos la fertilización sería mediante la aplicación de abonos orgánicos frescos, sin embargo, para tal fin, se emplean biofertilizantes fermentados, elaborados por los mismos productores, debido a que no se consiguen comercialmente en la región y no todos se encuentran disponibles. Estos se aplican con parihuela, de 4 a 6 veces en diferentes épocas del año. Al final de este apartado se describe la formulación y elaboración del biofertilizante y del lactofomento como una aportación de este esfuerzo y ante la carencia de información disponible sobre este tipo de productos.

El control de malezas únicamente se lleva a cabo mediante el control mecánico, ya sea con implementos manuales (principalmente pala y azadón), realizándose tres o más por año, o bien con máquinas (desbrozadora). Complementariamente, el control de malezas se logra combinando a las operaciones mecánicas y el pastoreo de ovejas. Esto último cumple con propósitos diversos, pues además del control de malezas, el productor desarrolla a la vez una actividad económica complementaria a la producción de tuna, dándose el caso que cuando el productor no posee ganado permite que algún propietario de ganado lo haga bajo algún convenio particular o por interés compartido.

En el control de plagas y enfermedades se utilizan varios productos elaborados por el propio productor, utilizados de la manera siguiente:

- Control de la grana o cochinilla: se aplica jabón potásico, ceniza y ácido piroleñoso, con una segunda aplicación a los 10 o 15 días.
- Prevención de incidencia de hongos. Caldo sulfocálcico; caldo bordelés sencillo y jabón potásico a inicio de la brotación.
- Repelentes e insecticidas para control de plagas varias. Fermento de chicalote y pirul; macerado de higuerilla, tabaquillo, estafiate y epazote de zorrillo.
- Gusano cebra (*Melitara (Olycella nephelepsa)*). Control manual.

La poda se lleva a cabo bajo los mismos criterios señalados para los enfoques convencional e intermedio. Los tres tipos de poda se realizan a partir del mes de octubre y hasta diciembre, con la diferencia que, en este tipo de manejo, los residuos de la poda se trasladan a espacios destinados para picarlos y aplicarles caldo sulfocálcico para evitar que prosperen plagas y enfermedades. Además de eliminar pencas enteras, bajo este enfoque se registró también una modalidad de poda consistente en realizar un corte horizontal a la mitad de las pencas o cladodios productivos de octubre a diciembre, para promover la brotación horizontal, obteniendo frutos homogéneos y de mayor tamaño, tal y como lo señaló Alcívar (2019).

Siendo la calidad de fruto uno de los objetivos de los productores que producen tuna bajo el enfoque orgánico, practican el aclareo que consiste en quitar algunos frutos de la penca dejando entre 6 y 8, para promover frutos grandes de mejor calidad.

Esta técnica fue evaluada inicialmente por Martínez (1998), denominándola como “despunte” (Figura 4), y que se ha venido adoptando en particular en la zona Centro (San Martín de la Pirámides) con resultados aceptables particularmente en relación con costos.



**Figura 4. Poda de despunte en huertas de nopal tunero bajo el enfoque orgánico. Fotografía cortesía del Ing. Fidel Mejía Lara.**

Para la cosecha utilizan los mismos aditamentos y modalidad de corte que los dos enfoques anteriores y tal como se estila en la Región Centro y Sur (Puebla), que consiste en girar el fruto para trocearlo, a diferencia de lo que se practica en la Región Centro Norte donde se corta con cuchillo logrando mejores resultados, con menor afectación de la tuna lo que garantiza una vida de anaquel más prolongada, pues al cortar al giro se llegan a causar desgarres en el tejido de la parte peduncular, a pesar de que se trate de cortadores experimentados. La tuna cortada se coloca en cajas de plástico que son llenadas parcialmente para poderse estivar y así son transportados hasta la desespinaadora.

La información obtenida de forma directa con los productores, base para la descripción anterior, se complementa con información documental disponible en cuanto al tipo y temporalidad de las actividades que se implementan en la producción de tuna bajo el enfoque orgánico (Figura 5).

ACTIVIDADES PARA PRODUCCIÓN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
PODAS DE PRODUCCIÓN												
PODAS DE FORMACIÓN												
PODAS DE SANIDAD												
CONTROL DE ARVENSES												
APLICACIÓN DE ABONO ORGÁNICO												
NUTRICION VEGETAL (Fertilización foliar)												
CONTROL DE INSECTOS Y ENFERMEDADES												
COSECHA												

**Figura 5. Cronograma de actividades para el cultivo de nopal tunero con manejo orgánico. Fuente: Mejía-Lara (2020).**

La producción bajo este enfoque en la región es relativamente nueva, motivo por el cual es difícil y costoso encontrar los insumos orgánicos para su manejo. Por este motivo los productores que trabajan estas huertas fueron capacitados por el Ing. Fidel Mejía Lara<sup>12</sup>, quien tiene varios años de experiencia

<sup>12</sup> Ing. Agrícola, egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la UNAM, con especialidad en Agroecosistemas, y Agroecología, cuenta con 30 años de experiencia en el cultivo de nopal, tuna, xoconostle, y producción agrícola, con manejo orgánico. Ha tomado dos diplomados y tres cursos internacionales. Participación en el 3er Encuentro Mesoamericano y del Caribe de producción orgánica, realizado en México, así como en el IV Seminario Internacional de Agroecología, y Seminario Nacional de Manejo Agroecológico de plagas, enfermedades y arvenses, realizados en la Universidad Autónoma Chapingo, México. Ponente en el 1ro, 2do, 3er y 4to Encuentro Latinoamericano de producción orgánica realizado en Managua, Nicaragua, Antigua, Guatemala, Cochabamba, Bolivia y El Salvador, respectivamente. Participación como ponente en el Ministerio de Agricultura de Brasil, sobre los beneficios nutricionales y medicinales del nopal, evento realizado en las Ciudades de Brasilia, Petronila Pernambuco y Piranhas Alagoas. En general Participación en 16 países de América Latina y el Caribe compartiendo experiencias en producción orgánica y SGP (certificación participativa). Durante los últimos 20 años, productor, promotor y consultor en agricultura orgánica. Participación como instructor en más de 80 talleres y pláticas sobre agricultura orgánica a nivel internacional y nacional, con productores de varios estados del país, (Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Jalisco, Hidalgo, Chihuahua, Zacatecas, Oaxaca, Guanajuato, Guerrero, Michoacán, DF., Veracruz, S.L.P, Chiapas, Coahuila, Tamaulipas, entre otros. Representante de la Asociación de productores de tuna orgánica del Valle de Teotihuacán, Estado de México. Integrante de la Soc. Coop. del Tianguis Orgánico Chapingo e integrante del comité de certificación orgánica participativa. Fundador del Foro Tianguis Alternativo Ecológico de la ciudad de México. Productor de nopal, tuna, xoconostle y hortalizas orgánicas en la Región del Valle de Teotihuacán, Estado de México. Asesor de proyectos de nopal y tuna orgánica, en los Estados de Tlaxcala, Oaxaca, Chihuahua, Hidalgo, Guanajuato y estado de México. Colaborador en el CONSEJO MEXICANO DE NOPAL Y TUNA, A, C. (COMENTUNA) y del sistema producto nopal-tuna, en el área de producción orgánica. Miembro del consejo directivo de la SOCIEDAD

en la producción orgánica de tuna. Como resultado de tal capacitación, los productores que practican la agricultura orgánica elaboran sus propios productos, de manera que como una de las aportaciones del presente estudio se describen los procesos de formulación y elaboración de los insumos utilizados en sus unidades de producción.

#### **4.1.3.1 Formulación y elaboración del biofertilizante “supermagro” para uso en la producción de tuna.**

La fertilización orgánica se basa en dos biofertilizantes principales, el supermagro y el lactofermento:

El primero, de acuerdo con Restrepo-Rivera 2007; Reyes-Ortiz 2015, es conocido como supermagro, sirve para nutrir, recuperar y reactivar la vida del suelo, fortalecer la fertilidad de las plantas y estimular la protección contra el ataque de plagas y enfermedades. Sustituye los fertilizantes químicos altamente solubles de la industria, los cuales son caros y crean dependencia.

En el caso de la producción de tuna, se elabora a partir de abono fresco de vaca (100 L), melaza (6 L), pulque (4L), jugo de tuna (10 L), harina de pescado (10 Kg), harina de roca o ceniza (10 Kg), leche fresca (3 L), levadura (0.4 Kg), ácido piroleñoso (0.05 L) y agua (50 L), mezclados en un tambo de 200 L, una vez incorporados los ingredientes se cierra la tapa herméticamente, la cual tiene un niple roscado conectado a una manguera y del otro extremo se coloca una botella de 2 L con la mitad de agua para atrapar los gases. Se deja fermentar 30 días o hasta que dejen de salir burbujas en la botella. Se aplican 10 L de supermagro por cada 200 L de agua y se puede mezclar con bioinsecticidas, extractos vegetales, fosfitos, etc.

---

MEXICANA DE PRODUCCIÓN ORGÁNICA A, C. (SOMEXPRO, A.C.). Representante por México ante el foro permanente para la implementación y seguimiento de los SGP en América Latina. Miembro del Movimiento Agroecológico de América Latina y el Caribe (MAELA). Representante de la certificación orgánica participativa ante el Consejo Nacional de Producción Orgánica (CNPO-SADER). Durante los últimos cinco años, asesor y consultor en agricultura orgánica y agroecología, en la SEDAGRO (Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Gobierno del Estado de México) líder del proyecto estratégico de nopal tunero con manejo orgánico en la región del Valle de Teotihuacán.

El indicador de que se obtuvo un buen biopreparado es que debe tener un color ámbar y olor agradable. Se puede almacenar en el mismo tonel y se va sacando como se va ocupando o se puede guardar en recipientes oscuros bien cerrados, de preferencia en un lugar oscuro y fresco (Restrepo-Rivera, 2007; Reyes-Ortiz 2015).



**Figura 6. Del lado izquierdo se aprecia la parihuela utilizada para la aplicación de los productos orgánicos, y del lado derecho se observa la aplicación vía foliar.**

#### **4.1.3.2 Formulación y elaboración de lactofomento para uso en la producción de tuna.**

Y el segundo es el lactofermento de tercera generación con fosfitos, elaborado a base de suero de leche (90 L), tezontle molido (10 Kg), ceniza (5 Kg), roca fosfórica (2 Kg), fosfitos (10 L), levadura (0.4 Kg), microorganismos (10 L), ácido piroleñoso (0.05 L) y melaza (10 Kg), en un tambo de 200 L se colocó el suero de leche y se disolvió la melaza, una vez disuelta se le agregó lentamente el tezontle molido, la ceniza, la roca fosfórica, los fosfitos, el ácido piroleñosos y los microorganismos sin dejar de mover, y hasta el final se le agregó la levadura, se selló la tapa herméticamente y se revisó que por la manguera salieran burbujas en la botella, indicador de que se ha empezado la fermentación, se dejó reposar la mezcla por 30 días. Se aplica por las mañanas (8 a 10 am), vía foliar por medio de parihuela (Figura 7) se aplican 10 L por cada

200 L de agua, se recomienda colar antes de su aplicación y se puede mezclar con otros bioinsecticidas, extractos vegetales, fosfitos, etc.



**Figura 7. Aplicación foliar de lactofermento y supermagro, del lado izquierdo el productor Alcívar-Guzmán y del lado derecho Alcívar-Romero, rociando completamente la planta con el líquido.**

#### **4.1.3.3 Formulación y elaboración de Jabón Potásico**

El jabón potásico se utiliza para combatir el chahuixtle o grana cochinilla, se prepara a base de jabón potásico (1 L), ceniza (10 Kg), ácido piroleñoso (0.001 L) y agua (40 L), primero se mezcla el jabón potásico en el agua hasta que se disuelva completamente, después se le agrega lentamente la ceniza y el ácido piroleñoso, dejándolo reposar de 1 a 3 días. La dosis para aplicar son 3 L por cada 100 L de agua, es recomendable colar antes de su aplicación y se puede mezclar con otros bioinsecticidas, extractos vegetales, fosfitos, etc.

#### **4.1.3.3 Formulación y elaboración de otros productos con efecto insecticida y fungicida**

El caldo sulfocálcico, se utiliza como biofungicida y esta elaborado con cal (óxido de calcio 16 Kg), azufre en polvo (16 Kg) y agua (90 L), es un caldo mineral caliente, se pone a hervir primero el agua, una vez que empezó la ebullición se le agrega la cal y el azufre poco a poco moviendo durante media hora hasta que tome un color rojo ladrillo, dejar enfriar y colar para su aplicación. Se aplica por las mañanas vía foliar mediante parihuela, a dosis de 5 L por cada 100 L de agua por ha<sup>-1</sup> y se puede combinar con otros biofertilizantes.

El caldo bordelés sencillo, se usa como biofungicida, acaricida y repelente que se elabora a base de sulfato de cobre (4.5 Kg), cal (óxido de calcio, 9 Kg) y agua (50 L), se mezclan el agua y la cal y por separado en un recipiente más pequeño el agua y el sulfato de cobre hasta revolver bien, después se vierte el sulfato de cobre sobre la cal hasta obtener una mezcla color azul cielo, para asegurarse de que la mezcla se preparó correctamente se introduce un cuchillo o exacto metálico uno o dos minutos, si se oxida el caldo está listo, en caso contrario agregamos más cal y se vuelve a realizar la prueba. Se aplica por las mañanas vía foliar con parihuela, a una dosis de 5 L por cada 100 L de agua, para mejorar su consistencia y que el producto se adhiera se le agrega nopal picado un día antes de la aplicación.

El caldo bordelés compuesto se usa también como biofungicida, está elaborado con sulfato de cobre (2 Kg), cal (óxido de calcio, 8 Kg), permanganato de potasio (0.01 Kg) y agua (90 L), se mezclan el agua y la cal y por separado el agua y el sulfato de cobre, después se vierte el sulfato de cobre sobre la cal y mientras se sigue moviendo se incorpora el permanganato de potasio lentamente, dejándolo reposar unas horas. Su aplicación es la misma que la del caldo bordelés sencillo.

El caldo sílice sulfocálcico, se usa como biofungicida, se prepara a base de sulfato de cobre (2 Kg), cal (óxido de calcio, 5 Kg), ceniza (5 Kg) y agua (90 L), se mezclan el agua y la cal y por separado el agua y el sulfato de cobre, después se vierte el sulfato de cobre sobre la cal y mientras se sigue moviendo se incorpora la ceniza, se mueve por unos 15 minutos y se deja reposar unas horas antes de su aplicación. La dosis por aplicar es de 5 L por cada 100 L de agua.

El macerado de chicalote y pirul, se aplica como repelente e insecticida, se elabora con chicalote (5 Kg), pirul (5 Kg), ácido piroleñoso (0.01 L) y agua (40 L), cada una de las plantas se pica en trozos pequeños y se agregan al recipiente con agua, se revuelve bien y se le aplica el ácido piroleñoso, dejándolas reposar

por 15 a 20 días, se cuelan y se pueden guardar en recipientes color ámbar bien sellados. La dosis por aplicar es de 3 L por cada 100 L de agua.

Y el macerado de higuera (5 Kg), tabaquillo (5 Kg), estafiate (5 Kg) y epazote de zorrillo (5 Kg), ácido piroleñoso (0.01 L) y agua (90 L), llevan el mismo procedimiento que el anterior y la dosis por aplicar es de 3 L por cada 100 L de agua.

A pesar de que en la zona de estudio únicamente se registran 17.4 ha de plantaciones para la producción de tuna bajo el enfoque orgánico, de las cuales 14.5 ha se encuentran debidamente certificadas por agencias calificadas y autorizadas por la autoridad competente, además de 3.0 ha de tuna y xoconostle con certificación orgánica participativa, un esquema para pequeños productores y avalado por SENASICA, con la particularidad que este último tipo de certificación solo está autorizada para el mercado nacional (Mejía-Lara, s. f.). No obstante, la reducida superficie destinada a la producción orgánica de tuna se vislumbra que a futuro ésta muestre una dinámica creciente, dados sus aportes múltiples, que se traducen en beneficios, tanto, económicos, ambientales como sociales, pudiendo constituir una respuesta a los desafíos a los que se enfrenta la sociedad actual en cuanto a la lucha de fenómenos como la seguridad alimentaria, la pobreza, el cambio climático y el deterioro ambiental.

#### **4.2 Producción y calidad de la fruta.**

Con la finalidad de determinar si al menos uno de los enfoques estudiados presentó una producción diferente a los demás se realizaron un análisis de varianza para 11 variables en características del rendimiento y calidad del fruto. En el Cuadro 10 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza con relación a las variables en estudio. Se observa que, en la fuente de variación para ambientes existen diferencias significativas y altamente significativas ( $p \leq 0.05$  y  $\leq 0.01$ ) para las variables de número de cladodios productivos (NCP), ancho de fruto (AF); número de frutos por planta (NFP), peso total del fruto (PTF), peso de la pulpa (PP) y rendimiento (REND), respectivamente. Lo anterior, se le puede atribuir a las condiciones climáticas y edáficas prevaletentes en cada

municipio. También, estas diferencias podrían deberse a las condiciones del cultivo, ya que el género *Opuntia* al crecer en condiciones limitadas de suelo y agua, modifica su composición, principalmente la del fruto.

**Cuadro 10. Cuadrados medios y significancia del Análisis de varianza de nopal evaluados en dos ambientes.**

F.V	AMB	TRAT	AMB*TRAT	ERROR	C.V (%)	MEDIA
G.L	1	2	2	24		
NCP	625.63*	4594.23**	438.23*	93.35	16.47	58.63
NFP	10193.63**	42906.43**	3178.03**	444.68	12.54	168.03
LF	0.27	1.19**	0.06	0.07	3.50	7.89
AF	0.27*	0.99**	0.13	0.06	4.54	5.51
PTF	1017.33**	2161.86**	24.56	82.92	7.11	127.92
PC	2.21	17.94	3.11	6.56	8.60	29.75
PP	924.63**	1813.85**	33.65	59.32	7.84	98.16
NST	0.13	1119.2	550.43	526.18	8.08	283.73
NSA	282.13	288.53	68.13	118.10	14.43	75.26
SST	0.02	2.56**	0.13	0.16	3.04	13.46
REND	139.66**	468.29**	29.53**	4.92	16.02	13.84

\*, \*\*significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente. FV: Fuentes de variación; AMB: Ambientes; TRAT: tratamientos; CV: Coeficiente de variación; GL: Grados de libertad; NCP: Número de cladodios productivos; NFP: Número de frutos por planta; LF (cm): Largo de fruto en cm; AF (cm): Ancho de fruto en cm; PTF (g): Peso total del fruto en gramos; PC(g): Peso de la cáscara en gramos; PP (g): Peso de la pulpa en gramos; NST: Número de semillas totales; NSA: Número de semillas abortivas; SST (° Brix): Sólidos solubles totales en grados Brix y REND (t ha<sup>-1</sup>): Rendimiento en t ha<sup>-1</sup>.

No se detectaron diferencias significativas para largo del fruto (LF), peso de cascara (PC), número de semillas totales (NST), número de semillas abortivas (NSA) por efecto de ambiente, ni entre tratamientos, ni en la interacción ambiente\*tratamiento, en tanto que la variable sólidos solubles totales (SST) mostró diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) debido a la interacción ambiente\*tratamiento, es decir entre municipio y enfoques de producción.

Con respecto a los tratamientos existe discrepancia alta ( $p \leq 0.01$ ) en la mayoría de las variables a excepción de peso de la cascara (PC), número de semillas totales (NST) y número de semillas abortivas (NSA). Esto nos sugiere que los sistemas de producción infieren de manera efectiva en los parámetros de rendimiento y calidad del fruto, tales como largo (LF), ancho (AF) y peso de

fruto (PTF) y sólidos solubles totales (SST) que son los principales parámetros en el concepto de calidad de fruto (Moreno y Campos, 1997; Gallegos-Vásquez et al., 2020). Este estudio coincide con lo reportado por Zavaleta-Beckler *et al.*, (2001), quienes obtuvieron mayor tamaño, peso y producción de frutos en el cultivo de xoconostle en el tratamiento orgánico que en el testigo.

Para la fuente de variación en ambientes x tratamientos se visualizan contrastes altos ( $p \leq 0.01$ ) en las variables de NFP y REND, así mismo, diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) para NCP. Los resultados nos indican que los ambientes o tratamientos difieren en los nichos ecológicos y sistemas de producción del cultivo del nopal, lo cual se pudiera especular que se debe a las diferencias de fertilidad del suelo y al aporte diferencial de nutrimentos que se realiza en cada enfoque de producción, ya que el clima en ambos municipios es el mismo. Méndez-Gallegos *et al.* (2013) infieren que cada parcela es diferente, afirmando que estas diferencias son mayores si se considera que cada agricultor maneja su predio de acuerdo a su experiencia, posibilidades económicas y objetivos de la producción. En relación con esto, Mondragón-Jacobo 2001, reporta que la productividad del nopal tunero es variable y se debe en parte al mismo germoplasma, al diseño y manejo de la huerta. En relación con el manejo de la huerta, la nutrición mineral-orgánica (Pimienta y Ramírez, 1999) tienen un efecto positivo en la productividad de la tuna.

En el caso del coeficiente de variación (CV) osciló en 3.04 y 16.47, lo cual revelan que la información aquí descritas se realizaron de manera correcta.

En cuanto a la media general con relación a rendimiento fue de 13.84 t ha<sup>-1</sup> en ambos municipios, superando la media nacional de 11.4 t ha<sup>-1</sup> (SIAP 2020). Esto nos indica que la agricultura orgánica ha ido evolucionando con el paso del tiempo y se confirma con numerosos estudios que han demostrado que puede llegar a ser más productiva de lo que cabía esperar inicialmente, debido a la realización de diversas prácticas que reducen las diferencias productivas. En contraparte, Seufert *et al.* (2012) enfatizan que los rendimientos de cultivos orgánicos son en promedio 20% inferiores que los convencionales, destacando que estas diferencias dependen de: el sistema productivo y de las características

del lugar; de las tecnologías convencionales que permiten aplicar los insumos donde y cuando se necesitan, según las necesidades de cada área y cultivo Connor (2008); y de la limitación de nitrógeno por ausencia de fertilizantes químicos, Waterfield y Zilberman (2012).

Estos resultados nos confirman que el factor tratamiento causó un efecto significativo sobre las variables evaluadas, sin embargo, no nos permite visualizar el efecto causado por el segundo factor (ambiente) y la interacción entre ambos (AMB\*TRAT). Dados los objetivos prospectivos del presente estudio de evaluar la productividad en plantaciones establecidas en los tres enfoques de producción considerados, resultaría prolijo describir los análisis de varianza para cada variable medida y fuente de variación y sus respectivas interacciones. En consecuencia, se decidió centrar el análisis de los resultados en cuanto a los efectos causados por el enfoque de producción (TRAT) sobre las 11 variables evaluadas.

A fin de conocer las diferencias detectadas por el análisis de varianza, se realizó la prueba de medias. En el Cuadro 11 se muestran los resultados de la prueba de Tukey ( $p \leq 0.01$ ) que evidencian que el enfoque orgánico registró el mayor número de cladodios productivos (82.6 cladodios por planta), número de fruto por planta (242.2) y mayor peso total del fruto (140.9 gr), variables que definen el rendimiento, el cual alcanzó las 21.5 t ha<sup>-1</sup> en el enfoque orgánico, 11.8 y 8.2 t ha<sup>-1</sup> en los enfoques convencional e intermedio, respectivamente.

**Cuadro 11. Comparación de medias para 11 variables evaluadas en tres enfoques de producción.**

TRAT	NCP	NFP	LF	AF	PTF	PC	PP	NST	NSA	SST	REND
<b>ORG</b>	82.6 a	242.2 a	8.3 a	5.7 a	140.9 a	30.5 a	110.4 a	296.0 a	71.0 a	14.0 a	21.5 a
<b>INT</b>	41.3 b	118.1 c	7.6 b	5.2 b	111.9 b	28.2 a	83.7 c	279.0 a	73.0 a	13.0 b	8.2 c
<b>CON</b>	52.0 b	143.8 b	7.8 b	5.6 a	131.0 a	30.6 a	100.4 b	277.0 a	81.0 a	13.5 b	11.8 b

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes con un  $\alpha = 0.05$ . TRAT: Tratamiento; NCP: Número de cladodios productivos; NFP: Número de frutos por planta; LF en cm: Largo de fruto en cm; AF: Ancho de fruto en cm; PTF: Peso total del fruto en gramos; PC: Peso de la cáscara en

gramos; PP: Peso de la pulpa en gramos; NST: Número de semillas totales; NSA: Número de semillas abortivas; SST: Sólidos solubles totales en ° Brix y REND: Rendimiento en t ha<sup>-1</sup>; ORG: Orgánico; INT: Intermedio; CON: Convencional.

Estas diferencias se pueden atribuir al manejo de la huerta y mayor asimilación de los asimilados orgánicos por parte de la planta. Mientras que en el manejo intermedio y convencional, al aplicar estiércol fresco de vaca, éste demora en descomponerse e inmoviliza el nitrógeno del suelo, lo que impide su rápido aprovechamiento, además de que su contenido de nitrógeno es bajo, parte de éste se pierde por desnitrificación y el contenido de otros minerales puede salinizar el suelo (García-Hernández *et al.*, 2010).

Estos resultados corroboran los reportes de Mejía-Lara<sup>13</sup> (2020), quien reportó que es factible la producción orgánica de tuna como una opción alternativa de beneficio hacia los productores desde el punto de vista técnico productivo, económico, ambiental y de salud. El rendimiento bajo el enfoque convencional (11.8 t ha<sup>-1</sup>) fue similar al rendimiento promedio nacional (11.4 t ha<sup>-1</sup>) (SIAP, 2020). Asimismo, se pueden aceptar las premisas de Nobel (1994) quien indicó que cuando se pone atención a las prácticas de manejo, particularmente a la disponibilidad de humedad y optimización de la fertilidad del suelo, la productividad del nopal puede ser extraordinariamente alta; tal es el caso de los reportes de Barbera e Inglese (1993), quienes reportaron que bajo las mejores condiciones ambientales y culturales se han obtenido en el sur de Italia producciones hasta de 35 t ha<sup>-1</sup> por año, rendimientos que guardan correspondencia a los reportados por Gallegos-Vázquez *et al.* (2020 para la región subtropical del Cañón de Juchipila, Zacatecas México, en donde obtuvieron 34.8 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para el cultivar “Aplastillada” (*O. ficus-indica*) y 34.2 t ha<sup>-1</sup> año para “C-17” (*O. albicarpa*) un cultivar con muchas similitudes a Reyna, que es la variedad de tuna evaluada.

Coincidiendo también con Gómez-Cruz *et al.*, (2010) quienes sostienen que uno de los mitos en la producción orgánica, es el supuesto de que al dejar de utilizar insumos de síntesis química se reducen los rendimientos. En su

---

<sup>13</sup> Comunicación personal del Ing. Fidel Mejía-Lara, asesor de tuna orgánica en la Región de las Pirámides, Estado de México, 27-11-2020.

experiencia indican que eso no necesariamente es cierto y que es posible obtener mayores rendimientos cuando se logran concretizar esfuerzos colectivos para la capacitación y aplicación de las tecnologías de producción; Kremen (2018), destaca que el rendimiento en cultivos orgánicos es menor durante los primeros años y este aumenta con el tiempo gracias al aumento en la fertilidad del suelo; Gliessman (2002) y Monreal (2003) argumentan que la incorporación de insumos orgánicos acondicionan el suelo e incorporan biota para optimizar la absorción nutrimental de las plantas, su vigor y sanidad, mejorando las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo; y Gomiero *et al.* (2011) mencionan que los sistemas orgánicos presentan niveles más altos de C orgánico, mayor aireación y retención de humedad, así como menor acidez, pérdida de nutrientes y erosión, y en general una mejor calidad del suelo.

En cuanto a las variables LF, AF, PTF, PP y SST, señalados como parámetros de calidad de fruto, la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) evidenció diferencias significativas en el efecto de los enfoques de producción orgánico y convencional respecto al enfoque intermedio en las variables largo, ancho y peso total de fruto, obteniéndose los mayores valores en el enfoque orgánico, aunque iguales estadísticamente a los registrados para el enfoque convencional. El peso total del fruto (140.9 g) obtenido en el enfoque orgánica resultó mayor al peso promedio de la variedad (131.3 g) reportado por Gallegos-Vázquez y Mondragón-Jacobo (2011), rendimiento con el mismo valor al encontrado para el enfoque convencional (131 g).

Con respecto al peso de la pulpa los tres tratamientos (enfoques de producción) fueron estadísticamente diferentes encontrándose los valores más altos en el enfoque orgánico (110.4 g), seguido por el enfoque convencional (100.4 g), siendo el peso más bajo el correspondiente al enfoque intermedio (83.7 g). Gallegos-Vázquez y Mondragón-Jacobo (2011) reportaron que en promedio el peso de la pulpa en la variedad Reyna representa el 62.9% del peso total del fruto, en tanto que los resultados de este estudio mostraron que el peso de la pulpa alcanzó el 78.4% los que es indicativo que bajo el enfoque orgánico se obtiene fruta (tuna) de mayor calidad.

Como se señaló anteriormente, no se encontraron diferencias significativas para las variables número de semillas normales (NSN) y número de semillas abortadas (NSA), observándose valores más altos en los tres enfoques de producción, al contenido de semillas reportados por Gallegos-Vázquez y Mondragón-Jacobo (2011 y 2013), quienes en promedio fijaron en 186 semillas normales, destacando que la variedad se caracteriza por tener abundantes semillas abortadas, sin precisar cantidades. Finalmente respecto al contenido de sólidos solubles totales (STT) se encontraron diferencias estadísticas significativa (Tukey,  $P \leq 0.05$ ) entre el enfoque orgánico y los enfoques convencional e intermedio, alcanzando valores similares a los reportados para la variedad (14.94 ° Brix) (Gallegos-Vázquez y Mondragón-Jacobo, 2011 y 2013).

Para obtener un producto con valor hay que considerar los requisitos de calidad que se exigen en los mercados. Aunque pueden variar dependiendo de las tendencias de consumo en diferentes países o regiones dentro de éstos, la calidad del fruto destinado al consumo como fruta fresca se determina por la apariencia externa, el tamaño, el color de la cáscara, la proporción de semillas, pulpa y cáscara y el contenido de azúcares. Moreno y Campos (1997) indicaron que los parámetros que determinan el tamaño del fruto (largo, ancho y peso del fruto), junto con la apariencia externa y el contenido de sólidos solubles totales (SST), son los criterios dominantes en el concepto actual de la calidad de la fruta.

Considerando lo anterior, en el Cuadro 12 se hace un comparativo de los resultados obtenidos en este estudio con las especificaciones marcadas para la variedad Reyna en la NMX-FF-030-SCFI-2006: Productos Alimenticios no Industrializados para Uso Humano – Fruta fresca – Tuna (*Opuntia* spp.). De tal comparativo se desprende que las variables relacionadas con el tamaño del fruto resultan aceptables, siendo el largo de fruto (diámetro polar) y el peso promedio ligeramente superiores en los enfoques orgánico y convencional a los establecido en la norma, en tanto que los obtenidos en el enfoque intermedio fueron inferiores.

**Cuadro 12. Comparativo de valores promedio obtenidos con los establecidos en la Norma Mexicana de tuna.**

<b>Fuente</b>	<b>Largo de fruto (mm)</b>	<b>Diámetro máximo (mm)</b>	<b>Peso promedio (g)</b>	<b>Sólidos Solubles Totales (°Brix)</b>
<b>NMX-Tuna Fruta fresca*</b>	---	55.4	128.9	14.8
<b>Orgánico</b>	83.0	57.0	140.9	14.0
<b>Intermedio</b>	76.0	52.0	111.9	13.0
<b>Convencional</b>	78.0	56.0	131.0	13.5

\* NMX-FF-030-SCFI-2006

Con respecto al contenido de sólidos solubles totales, la norma específica que el contenido de sólidos solubles totales, el cual no debe ser menor de 10° Brix en todos los tipos comerciales; sin embargo, la misma norma agrega que este parámetro debe estar asociado a cada variedad, por lo que para el caso de la variedad Reyna, considerada la tuna más dulce, lo establece en 14.8 ° Brix, resultando los valores correspondientes a los tres enfoques de producción ligeramente menores.

Estos resultados corroboran los señalamientos de Mejía-Lara (2020), quien al presentar los resultados del proyecto estratégico de nopal tunero, con manejo orgánico, en la región del Valle de Teotihuacan, que corresponde a nuestra área de estudio, en el sentido de que si es factible producir bajo un modelo de producción orgánica, con menor inversión y resultados técnicos favorables comprobables, a pesar del escepticismo y baja credibilidad de muchos productores que no se han atrevido al cambio tecnológico.

Además, con la ventaja de que los sistemas orgánicos proveen otros beneficios: son más rentables, protegen al ambiente, incrementan la biodiversidad y fertilidad del suelo, crean mayor resiliencia, etc., (Badgley *et al.*, 2007; IFOAM, 2008; Reganold y Wachter, (2016); Claridades Agropecuarias, 2017).

No obstante, Carvalho (2006); Reganold y Whachter (2016) indican que esta agricultura, aunque contribuye a mejorar la inocuidad de los alimentos y el medio ambiente, no es suficiente para hacer frente a la seguridad alimentaria. Por el contrario, *Premio Nobel* (1970), Andersen y Pazderka (2003), Pretty (2008); Connor (2008); Miller (2010) y Ferrer (2011) destacan que, gracias a la agricultura convencional y a su tecnología (Revolución Verde), no sería posible haber triplicado la producción de granos (mediante sistemas sustentables como la agricultura orgánica) en los últimos 50 años y alimentado a una población humana en continuo crecimiento. En contraparte, esta agricultura tampoco ha logrado alimentar mejor a las diversas poblaciones del mundo, ni tampoco ha solucionado el problema de la distribución global. Los datos de la FAO muestran que hay suficiente alimento producido en el mundo para alimentar a todos, y aún así hay cerca de 1000 millones de personas que no consiguen tener una comida adecuada por día (IFOAM, 2008; Ferrer, 2011 y FAO, 2014).

### **4.3 Rentabilidad del cultivo de tuna**

En ambos municipios, una de las actividades más importantes es el cultivo del nopal en sus diferentes enfoques de producción. Es por ello que los tuneros deben conocer a detalle los costos totales en que incurren y los ingresos, debido a que la mayoría los desconocen o no los toman en cuenta, así como los rendimientos obtenidos por hectárea y los precios que son determinados por la oferta y la demanda. Obteniendo los siguientes resultados:

#### **4.3.2 Precio de la tuna**

Los precios de la tuna varían dependiendo de la producción, la calidad y la oferta y la demanda que existe en el mercado, entre otros factores. En los municipios en estudio, los productores comercializan la fruta de diversas formas; la mayoría de ellos concurren a los tianguis regionales, o negocian la tuna a pie de carretera o en casa del productor, etc. En donde el aspecto principal que influye en la comercialización del fruto es la calidad y el volumen de producción. En el Cuadro 13, se muestran los precios de la tuna en la temporada de producción julio-septiembre de 2019.

**Cuadro 13. Precios de la tuna en la región de las Pirámides**

Manejo	Presentación	Calidad	Precio	Características
Convencional e Intermedio	Caja de 25 kg (aprox).	Primera	\$ 100.00 *	Fruta de 5-7 cm, peso de 100-140 gr y libre de daños físicos.
		Segunda	\$ 90.00 *	Fruta de 3-5 cm, peso de 80-100 gr y libre de daños físicos.
		Tercera	\$ 50.00 *	No contemplada.
Orgánico		Parejo	\$ 350.00 *	Parejo

**\*Precios de la tuna en la temporada julio-agosto-septiembre de 2019.**

Del Cuadro anterior se desprende que el precio de la tuna orgánica alcanza un precio 3.5 veces más alto que la tuna de primera obtenida en los enfoques convencional e intermedio, casi cuatro veces mayor la fruta de clasificada como segunda, y hasta siete veces mayor a la de tercera calidad. El mejor precio de la tuna orgánica resulta en un impacto económico para el productor, quien está en posibilidad de acceder a mejores condiciones de vida.

#### **4.3.3 Costos de producción**

En la región de Teotihuacán, una de las actividades más importantes es el cultivo del nopal tunero en sus diferentes enfoques de producción. Es por ello, que en el presente estudio fue de gran importancia calcular los costos de producción e ingresos del cultivo para ambos municipios, debido a que la mayoría de los productores no hace cuentas de los costos totales en que incurren o no los toman en cuenta, así como los ingresos y rendimientos obtenidos.

En primer lugar se obtuvieron los costos de la preparación de los productos orgánicos, como se observa en el Cuadro 14, después con esta información se calcularon los costos e ingresos del enfoque orgánico por hectárea (Cuadro 15 y 16), así como también se obtuvieron los costos e ingresos por hectárea para los demás enfoque de producción.

**Cuadro 14. Relación de costos para la elaboración de insumos orgánicos.**

Insumo	Unidad	Costo unitario (\$)	Cantidad	Costo total (\$)
<b>Caldo sulfocálcico</b>	Litros	3.27	90	<b>294.00</b>
Cal (óxido de calcio)	kg	25.00	16	400.00
Azufre	Kg	36.00	16	576.00
Elaboración	Jornal	200.00	1	200.00
<b>Caldo bordelés sencillo</b>	Litros	5.16	50	<b>258.13</b>
Sulfato de Cobre	Kg	80.00	9	720.00
Cal (óxido de calcio)	kg	25.00	5	112.50
Elaboración	Jornal	200.00	1	200.00
<b>Caldo bordelés compuesto</b>	Litros	1.83	90	<b>165.00</b>
Sulfato de Cobre	kg	80.00	2	160.00
Cal (óxido de calcio)	Kg	25.00	8	200.00
Permanganato de potasio	kg	1000.00	0	100.00
Elaboración	Jornal	200.00	1	200.00
<b>Caldo sílice sulfocálcico</b>	Litros	1.42	90	<b>127.50</b>
Sulfato de Cobre	kg	80.00	2	160.00
Cal (óxido de calcio)	kg	25.00	5	125.00
Ceniza	kg	5.00	5	25.00
Elaboración	Jornal	200.00	1	200.00
<b>Jabón potásico</b>	Litros	2.11	50	<b>105.25</b>
Jabón potásico	Litros	170.00	1	170.00
Ceniza	kg	5.00	10	50.00
Ácido piroleñoso	Litros	100.00	0	1.00
Elaboración	Jornal	200.00	1	200.00
<b>Biofertilizante</b>	Litros	2.04	200	<b>407.25</b>
Abono de vaca fresca	kg	3.00	100	300.00
Acarreo	Jornal	250.00	2	500.00
Gasolina	Litros	20.00	5	100.00
Melaza	kg	4.00	6	24.00
Pulque	Litros	15.00	4	60.00
Jugo de tuna	Litros	3.00	10	30.00
Harina de pescado	Kg	10.00	10	100.00
Harina de roca o ceniza	kg	5.00	10	50.00
Leche fresca	Litros	10.00	3	30.00
Levadura	Kg	75.00	0	30.00
Ácido piroleñoso	Litros	100.00	0	5.00
Elaboración	Jornal	200.00	2	400.00
<b>Lactofermento de tercera generación</b>	Litros	1.53	200	<b>305.50</b>
Suero de leche	Litros	0.30	90	27.00
Gasolina	Litros	20.00	30	600.00
Tezontle molido	kg	2.00	10	20.00
Ceniza	kg	5.00	4	20.00
Roca fosfórica	kg	10.00	2	20.00
Fosfitos	Litros	5.00	10	50.00
Levadura	kg	75.00	0	30.00
Microorganismos	Litros	1.00	10	10.00
Ácido piroleñoso	Litros	100.00	0	5.00

Melaza	kg	4.00	10	40.00
Elaboración	Jornal	200.00	2	400.00
<b>Fermento de Pirul y chicalote</b>	Litros	1.06	50	<b>52.75</b>
Ácido piroleñoso	Litros	100.00	0	1.00
Chicalote	kg	1.00	5	5.00
Pirul	Kg	1.00	5	5.00
Elaboración	Jornal	200.00	1	200.00
<b>Higuerilla, tabaquillo, estafiate y epazote</b>	Litros	0.35	100	<b>69.00</b>
Ácido piroleñoso	Litros	100.00	0	1.00
Higuerilla	kg	2.00	5	10.00
Tabaquillo	kg	2.00	5	10.00
Estafiate	kg	5.00	5	25.00
Epazote de zorrilla.	kg	6.00	5	30.00
Elaboración	Jornal	200.00	1	200.00
<b>TOTAL</b>				<b>1784.38</b>

### Cuadro 15. Costos de producción de tuna orgánica.

Concepto de inversión	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
<b>Renta de la tierra</b>	ha <sup>-1</sup>	1	10,000.00	<b>10,000.00</b>
<b>Biofungicidas</b>				<b>3861.25</b>
Caldo sulfocálcico	Litro	25	3.27	81.67
Caldo bórdeles sencillo	Litro	25	5.16	129.06
Aplicación	Jornal	10	200.00	2000.00
Jabón potásico	Litro	24	2.11	50.52
Aplicación	Jornal	8	200.00	1600.00
<b>Biofertilización</b>				<b>2178.19</b>
Biofertilizante	Litro	50	2.04	101.81
Lactofermento de tercera generación	Litro	50	1.53	76.38
Aplicación	Jornal	10	200.00	2000.00
<b>Bioinsecticidas</b>				<b>1616.80</b>
Higuerilla, tabaquillo, estafiate y epazote	Litro	12	0.35	4.14
Fermento de chicalote y pirul	Litro	12	1.06	12.66
Aplicación	Jornal	8	200.00	1600.00
<b>Deshierbes</b>				<b>2800.00</b>
Deshierbe mecánico (desbrozadora)	Jornal	4	200.00	800.00
Borregos	Jornal	2	200.00	400.00
Deshierbe manual	Jornal	8	200.00	1600.00
<b>Podas</b>				<b>2400.00</b>
Poda sanitaria y de fructificación	Jornal	8	200.00	1600.00
Raleo de frutos	Jornal	4	200.00	800.00
<b>Cosecha</b>				<b>1200.00</b>
Cortador	Jornal	4	200.00	800.00
Desespinado	Jornal	2	200.00	400.00
<b>Otros gastos</b>				<b>16700.00</b>

Certificación	Año	1	7000.00	7000.00
Cajas	Pieza	230	10.00	2300.00
Gasolina	Litro	400	18.50	7400.00
<b>Costos totales</b>				<b>40,756.24</b>
<b>Ingresos</b>				<b>77,000.00</b>
<b>Utilidad</b>				<b>36,243.76</b>

Los resultados muestran que los costos directos (insumos orgánicos, renta de maquinaria y equipo, mano de obra, cajas y gasolina) en la producción orgánica representan el 58.29%, dentro de los cuales el 33.37% de estos, equivale a la mano de obra (con un total de 92 jornales ha<sup>-1</sup>), coincidiendo con Gallegos y Flores (1993), quienes indican que el cultivo del nopal ocupa un promedio de 80 jornales ha<sup>-1</sup> al año. Mientras que de los costos indirectos (compra de maquinaria y equipo, renta de la tierra y certificación) ocupan el 41.71% de los costos totales.

Debido a lo anterior, las consideraciones de tipo económico son para la mayoría de los productores el factor más importante en el proceso de decisión sobre su incorporación a la producción orgánica o de expansión de su unidad productiva; al respecto, Gómez-Cruz *et al.* (2010) infieren que durante el proceso de transición se requiere de grandes inversiones para cubrir la mano de obra que requiere el manejo orgánico y el costo de la certificación. Aunque estos costos no son constantes y se incurre en ellos antes de obtener beneficios económicos, la mayoría de los productores no pueden costear esta conversión. Sin embargo, quien logra este cambio ha visto que la agricultura orgánica es una actividad económica con potencialidad para la generación de empleos y divisas, en donde su adopción requiere de un 30% más de mano de obra por ha con respecto a la producción convencional. Debido a lo anterior (manejo del cultivo, incremento de mano de obra, certificación), los costos de producción aumentan; elevando a su vez los precios de los productos orgánico entre un 15 y 20% (Pimentel *et al.*, 2005; MPOAN, 2009; Forman y Silverstein, 2012 y Corner, 2017). Como contraparte, Hughner *et al.* (2007); Greene y Ebel (2012) señalan que muchas de las veces el elevado precio de estos productos es el principal obstáculo para su expansión.

Una vez terminada la cosecha y vendida la producción se estimaron los ingresos de acuerdo con el número de cajas y el peso de cada una (Cuadro 16). Es importante mencionar que en la producción orgánica no se requiere seleccionar los frutos por tamaño o calidad, como se realiza en los demás enfoques, lo cual ocasiona más gastos, sino que se va al mercado de manera pareja sin importar el tamaño de la tuna.

En cuanto a los ingresos generados por la producción orgánica (Cuadro 16), estos se contabilizaron a partir del volumen de tuna obtenida por hectárea, comercializados a \$14.00 kg, generando un ingreso de \$ 77,000.00 ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 16. Ingresos por ha en el manejo orgánico.**

<b>Calidad</b>	<b>Precio (\$)</b>	<b>Número de cajas</b>	<b>Volumen de producción (kg)</b>	<b>Ingresos (\$)</b>
Tuna pareja (de las tres calidades)	350	220 (caja de 25 kg aprox)	5,500	77,000.00
<b>Total</b>	<b>350</b>	<b>220</b>	<b>5,500</b>	<b>77,000.00</b>

En cuanto a la producción en los demás enfoques, su rentabilidad depende de la calidad de la fruta y de la época de cosecha para poder competir en el mercado, debido a que en la región centro, las primeras cosechas (junio) y las últimas (septiembre) tienen el mejor precio. Las diferencias de precio son establecidas por la oportunidad, es decir, por la época en la cual es posible cosechar la fruta; año con año los mejores precios los establecen las tunas tempranas y las muy tardías (Gallegos-Vázquez y Cervantes-Herrera, 2017). Esto no difiere con respecto a otras zonas productoras, como es el caso del estado de Zacatecas, que enfrenta una problemática similar que se refleja en precios bajos para el productor y, en consecuencia, una baja rentabilidad de la actividad, que no ha permitido el despliegue potencial que posee este cultivo para generar mayor desarrollo económico y social (Gallegos-Vázquez *et al.*, 2003). En el Cuadro 17 se consignan los costos estimados para el enfoque de producción intermedio.

**Cuadro 17. Costos de producción de tuna en el enfoque intermedio.**

Concepto de inversión	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
<b>Renta de la tierra</b>	ha <sup>-1</sup>	1	10,000.00	<b>10,000.00</b>
<b>Fertilización</b>				<b>1260.00</b>
Polyfeed triple 19	kg	25	14.40	360.00
Cloruro de potasio (00-00-60)	kg	25	12.00	300.00
Aplicación	Jornal	3	200.00	600.00
<b>Herbicidas</b>				<b>780.00</b>
Glifosato	Litro	1	180.00	180.00
Aplicación	Jornal	3	200.00	600.00
<b>Insecticidas</b>				<b>867.50</b>
Diclorvos(grana)	Litro	1	230.00	230.00
Pulsar adherente	Litro	0.250	150.00	37.50
Aplicación	Jornal	3	200.00	600.00
<b>Abonado</b>				<b>3300.00</b>
Estiércol	Toneladas	5	500.00	2500.00
Aplicación	Jornal	4	200.00	800.00
<b>Podas</b>				<b>800.00</b>
Poda sanitaria y de fructificación	Jornal	4	200.00	800.00
<b>Cosecha</b>				<b>1200.00</b>
Cortador	Jornal	4	200.00	800.00
Desespinado	Jornal	2	200.00	400.00
<b>Otros gastos</b>				<b>3572.50</b>
Cajas	Pieza	200	10.00	2000.00
Gasolina	Litro	85	18.50	1572.50
<b>Costos totales</b>				<b>21780.00</b>
<b>Ingresos</b>				<b>16980.00</b>
<b>Utilidad</b>				<b>-4800.00</b>

En el enfoque intermedio, los costos directos representaron el 54.09%, dentro del cual el 21.12% representan a la mano de obra con 23 jornales ha<sup>-1</sup>, debido a que solo se recurre a la huertas si se presenta algún problema sanitario o en época de cosecha. En tanto que, los costos indirectos representaron el 45.91% de los costos totales, siendo superior al enfoque orgánico con 4.2%.

En cuanto a los ingresos generados en el enfoque intermedio, se obtuvieron en general 4,925 kg de tres calidades, generando un ingreso de \$ 16,980.00 ha<sup>-1</sup> (Cuadro 18), restando los costos de producción sin sumar la renta de la tierra, genera una ganancia de \$6,600.00. A pesar de ser mínima la ganancia para los productores significa ingresos por dos razones, la primera, es que no toman en cuenta la mano de obra en los costos de producción y la

segunda es que se ha convertido en la única opción productiva para generar ingresos en la región. Sin embargo, si se considera el costo por la renta de la tierra se genera un saldo negativo de - \$ 4,800.00, lo que nos indica que el manejo del cultivo no es rentable.

**Cuadro 18. Ingresos por ha en el enfoque intermedio**

Calidad	Precio (\$)	Número de Cajas	Volumen de producción (kg)	Ingresos (\$)
Primera	100.00	85	2,125	8,500.00
Segunda	90.00	72	1,800	6,480.00
Tercera	50.00	40	1,000	2,000.00
<b>Total</b>		<b>197</b>	<b>4,925</b>	<b>16,980.00</b>

Esto, coincide con otros estudios, en donde se menciona que las plantaciones se encuentran en un estado de deterioro, principalmente por problemas de rentabilidad (Gallegos-Vázquez y Méndez-Gallegos, 2000; Corrales y Flores, 2003). Provocando el abandono de las labores culturales claves para el mantenimiento óptimo de las plantaciones, seguidas de la nula inversión al justificar por la inseguridad del ingreso (bajos rendimientos y precios bajos) (Mondragón y Ávila, 2013), situación que en opinión de Gallegos-Vázquez *et al.* (2003) conduce a un círculo vicioso en el que el productor no obtiene la calidad y productividad suficientes para mejorar sus ingresos, por lo que no logra niveles de capitalización que le permitan invertir en la solución de los diversos problemas que enfrenta, reproduciéndose la condición del productor.

Para el caso del enfoque convencional, los resultados obtenidos (Cuadro 19) muestran que los costos directos representan el 60.32%, siendo superior en 2.03% y 6.23% en relación a los enfoques orgánico e intermedio, respectivamente.

**Cuadro 19. Costos de producción de tuna en el enfoque convencional.**

Concepto de inversión	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Renta de la tierra	ha <sup>-1</sup>	1	10,000.00	<b>10,000.00</b>

<b>Fertilización</b>				<b>2475.00</b>
Complejo NPK triple 17	kg	25	16.60	415.00
Sulfato de amonio (20.5-00-00)	kg	25	9.60	240.00
Superfosfato de calcio triple(00-46-00)	kg	25	12.80	320.00
Cloruro de potasio(00-00-60)	Kg	25	12.00	300.00
Aplicación	Jornal	6	200.00	1200.00
<b>Herbicidas</b>				<b>1365.00</b>
Machete	Litro	1	185.00	185.00
Faena(glifosato)	Litro	2	190.00	380.00
Aplicación	Jornal	4	200.00	800.00
<b>Insecticidas</b>				<b>2150.00</b>
Clorpirifos (grana)	Litro	2	300.00	600.00
Aplicación	Jornal	4	200.00	800.00
Rogor(acaricida)	Litro	1	350.00	350.00
Aplicación	Jornal	2	200.00	400.00
<b>Abonado</b>				<b>3600.00</b>
Estiércol de puerco	Toneladas	7	400.00	2800.00
Aplicación	Jornal	4	200.00	800.00
<b>Podas</b>				<b>800.00</b>
Poda de fructificación	Jornal	4	200.00	800.00
<b>Cosecha</b>				<b>1200.00</b>
Cortador	Jornal	4	200.00	800.00
Desespinado	Jornal	2	200.00	400.00
<b>Otros gastos</b>				<b>3610.00</b>
Cajas	Pieza	250	10.00	2500.00
Gasolina	Litro	60	18.50	1110.00
<b>Costos totales</b>				<b>25200.00</b>
<b>Ingresos</b>				<b>22520.00</b>
<b>Utilidad</b>				<b>-2680.00</b>

Dentro de los costos directos la mano de obra ocupa el 23.81%, ocupándose 30 jornales/ha (recurriendo a la huertas solo a realizar la aplicación de fertilizantes y abono y en la temporada de cosecha) y el 16.17 % corresponde a la fertilización del cultivo, siendo inferior a lo indicado por Zegbe (2014), quien reportó que la aplicación de fertilizantes minerales incrementa el rendimiento de la tuna en 3.8 veces pero representa, en promedio, el 27% del costo de producción. Complementariamente, los costos indirectos representaron el 39.68% de los costos totales.

En el enfoque convencional se obtuvieron 6,225 kg de tres calidades, generando un ingreso de \$ 22,520.00 ha<sup>-1</sup> (Cuadro 19), restando los costos de producción genera una ganancia de \$ 7,320.00 (Cuadro 20), al igual que en el enfoque anterior, a pesar de ser poca la ganancia, para los productores

representa una fuente de ingreso importante, complementándolo con otros ingresos como: la renta de accesorias, venta de artesanías, lavado de coches y meseros en los restaurantes que se localizan en la zona turística de las Pirámides. Al considerar el costo por la renta de la tierra se genera un saldo negativo con - \$ 2,680.00.

**Cuadro 20. Ingresos por ha en el enfoque convencional.**

<b>Calidad</b>	<b>Precio (\$)</b>	<b>Número de Cajas</b>	<b>Volumen de producción (kg)</b>	<b>Ingresos (\$)</b>
Primera	100.00	147	3,675	14,700.00
Segunda	90.00	68	1,700	6,120.00
Tercera	50.00	34	850	1,700.00
<b>Total</b>		<b>249</b>	<b>6,225</b>	<b>22,520.00</b>

Los resultados muestran que el enfoque orgánico presento una rentabilidad de 150.35% y 88.92% si se considera dentro de los costos la renta de la tierra (Cuadro 21). Mientras que, para los enfoques intermedio y convencional, es de 44.14 % y 48.15 %, y si se considera la renta de la tierra la rentabilidad es negativa en el orden de -22.04 % y -10.63 %, respectivamente.

**Cuadro 21. Rentabilidad del cultivo de tuna.**

<b>Enfoques</b>	<b>Orgánico (\$)</b>	<b>Intermedio (\$)</b>	<b>Convencional (\$)</b>
Concepto			
Costo de producción	30,756.24	11,780.00	15,200.00
Utilidad	46,243.76	5,200.00	7,320.00
<b>Rentabilidad</b>	<b>150.35 %</b>	<b>44.14 %</b>	<b>48.15 %</b>
Costo de producción (si se considera la renta de la tierra)	40,756.24	21,780.00	25,200.00
Utilidad	36,243.76	-4,800.00	-2,680.00
<b>Rentabilidad</b>	<b>88.92 %</b>	<b>-22.04 %</b>	<b>-10.63 %</b>

Debido a la rentabilidad obtenida en cada uno de los enfoques, es importante tomar en cuenta algunas opciones o alternativas de producción, considerando como ejemplo a la empresa “La Flor de Villanueva”, que incrementa el periodo de producción con variedades que permiten tener oferta durante varios meses al año, posible gracias a las condiciones agroclimáticas de la región, sin embargo,

otra de las alternativas que implementó fue la producción de fruta orgánica, lo cual le permite diversificarse y generar mayores ganancias (IICA-COFUPRO,2010), que como se observó en el enfoque orgánico en la región productora de tuna Centro, genera una rentabilidad que le permite al productor invertir en mejoras para el cultivo. Además de que este tipo de producción es menos vulnerable a los cambios de precios de cosechas e insumos por estar diversificada y usar pocos insumos externos.(Zamilpa *et. al.*, 2016; Marín *et al.*, 2017).

#### **4.4 Medición de la sustentabilidad de nopal tunero en San Martín de las Pirámides y Axapusco, Edo. de México.**

El incremento poblacional y la necesidad de aumentar la producción de alimentos perfila dos desafíos cruciales, por un lado, aumentar la producción para satisfacer la demanda de la población; mientras que, por otro, promover la sustentabilidad de los sistemas agrícolas, que conjugue una oferta adecuada de alimentos sin aumentar la degradación ambiental. Por lo anterior, el nopal tunero es considerado un cultivo que cumple con estas características, por ser una planta muy noble con gran diversidad de usos, que van desde la alimentación hasta proveedor de energía y combustible, convirtiéndose en un factor detonante para el desarrollo de zonas rurales, tanto para la subsistencia como para una agricultura sustentable.

En los municipios en estudio, la agricultura orgánica, se ha creado como una estrategia de desarrollo para cambiar algunas limitaciones encontradas en la producción convencional y que más que una tecnología de producción es una estrategia de desarrollo que se fundamenta en un mejor manejo del suelo, uso de insumos locales y mayor valor de la producción (Espinoza *et al.*, 2007).

Bajo este contexto, se midió la sustentabilidad del cultivo de nopal tunero, a fin de sugerir mejores prácticas que permitan lograr la conservación de los recursos naturales y lograr que la producción de nopal tunero en la región sea cada vez más sustentable, en donde para su correcta evaluación fue necesario justificar y determinar los valores límite que permitieron evaluar cada indicador.

**Cuadro 22. Indicadores, fundamentación y definición de valores límite para medir los niveles de sustentabilidad de nopal tunero.**

Indicadores	Fundamentación	Unidad de medida	Valores límite	Valores de las categorías
(Temperatura) adaptación del cultivo al clima local	En general, los nopales necesitan temperaturas medias anuales que oscilan entre 16 y 23 °C (Gallegos-Vázquez y Méndez-Gallegos, 2000).	° C	3 6 9	< 10 ° C 11 a 15 ° C 16 a 25 ° C
(Humedad) adaptación del cultivo al clima local	Las plantaciones de nopal requieren una precipitación de 300 a 700 mm (Gallegos-Vázquez y Méndez-Gallegos, López <i>et al.</i> , 2001; Martínez y Lara, 2003).	mm	3 6 9	> 1,500 mm 550 a 1,000 mm < 500 mm
(Pendiente) % de pendiente del suelo	De acuerdo con los rasgos observados en el relieve, la pendiente puede ser: suave (1 a 5 %), moderada (6 a 14%) y fuerte (> 15) (MOPUt, 1991).	%	3 6 9	> 15 % 6 a 14 % 1 a 5 %
(Plagas) aumento de plagas en los últimos 10 años	El 40 % de los cultivos se pierden cada año a causa de plagas, haciendo que millones de personas sufran hambre (ONU, 2020).	Aumento del número de plagas	3 6 9	Aumento 2 o más Aumento 1 No han aumentado
(Fertilidad) disminución de la fertilidad en los últimos 10 años	La fertilidad del suelo influye en la nutrición de la planta y esto a su vez tiene efecto directo sobre el crecimiento y rendimiento (Pérez-López, 2013).	Disminución de fertilidad	3 6 9	Si disminuyo Disminuyó moderadamente No disminuyo
(Servicios ambientales) el cultivo brinda algún servicio ambiental	Los procesos ecológicos naturales suministran una gama de servicios como: regular el clima; mejorar la calidad del agua; control de los ciclos hidrológicos; conservación de suelos, etc., (CONABIO, 2020).	Número de servicios brindados	3 6 9	No brinda ningún servicio Brinda 1 servicio Brinda 2 o más servicios
(Ciclo del cultivo) si el cultivo es anual o perenne	Los cultivos perennes cumplen un ciclo continuo de por lo menos dos años; los anuales cumplen su ciclo menor o cercano a un año (INEGI, 2017) y hay cultivos que pueden sembrarse dos veces al año.	Ciclo de cultivo	3 6 9	Más de 2 ciclos al año Anual Perenne
			3	No se aplica

(Abono o estiércol) se aplica algún tipo de abono natural al suelo	El abono o estiércol rehabilita la capacidad productiva de suelos degradados, incrementa la actividad y cantidad de biomasa microbiana y restaura los niveles de nutrientes los suelos agrícolas (Fortis-Hernández <i>et al.</i> , 2009).	Aplicación de estiércol o abonos aplicados	6	Se aplica al menos 1
			9	Aplica más de dos
(Control biológico) Se aplica algún método de control biológico	El control biológico busca la reducción de la población de la plaga a unos niveles que no causen daños económicos y que garanticen la supervivencia del agente controlador (enemigo natural) (AGROINTEGRA, 2014).	Aplicación de algún método de control biológico.	3	No se aplica
			6	Se aplica al menos 1
			9	Aplica más de 2
(Mercado) local, regional, nacional, internacional	A mayor distancia entre el centro de producción y el de consumo de un producto agrícola, mayor impacto ambiental, dado que el traslado implica consumo energía (Llamas-González, 2019).	Tipo de mercado	3	Exportación
			6	Nacional
			9	Local
(Rendimiento) disminución del rendimiento por ha en los últimos 5 años	Los rendimientos de muchos cultivos disminuyen significativamente por las mayores temperaturas, como consecuencia del estrés térmico e hídrico, del acortamiento de la estación de crecimiento y de la mayor presencia de plagas y enfermedades (Fernández, 2013).	Disminución del rendimiento	3	Si disminuyo
			6	Disminuyó moderadamente
			9	No disminuyo
(Inversión requerida) para implementar el cultivo	La inversión en agricultura es una de las formas más eficaces de reducir el hambre y la pobreza, promover la productividad agrícola y mejorar la sostenibilidad ambiental (Syed y Miyazako, 2013)	% de inversión requerida	3	> 50 %
			6	26 a 49 %
			9	< 25 %
(Asociación de productores) pertenece a alguna asociación u organización de productores	Uno de los beneficios principales de las organizaciones de productores son la reducción de costos de comercialización y adquisición de insumos. Implican un equilibrio entre los beneficios, costos y riesgos potenciales (Penrose-Buckley, 2007).	Asociación	3	No esta asociado
			6	Asociado al menos a 1 organización
			9	Asociado a más de 2 organizaciones
(Tradición cultural) es un cultivo representativo de la	La tuna, es la fruta que mejor representa la mexicanidad, los antiguos mexicanos desarrollaron el cultivo utilizando las poblaciones silvestres, el resultado es una	Nivel de tradición cultural	3	Baja
			6	Media

cultura y gastronomía mexicana	planta de uso múltiple, de la cual se aprovechan los nopalitos, las pencas maduras como forraje y la fruta (Colunga-García <i>et al.</i> , 1986; Reyes-Agüero <i>et al.</i> , 2005).		9	Alta
(Integración comunitaria) las UDP realizan actividades de integración comunitaria	Se refiere, a que si en las UDP se realizan actividades que integren o involucren a la comunidad.	Número de actividades	3	No realiza
			6	Se realiza 1 actividad
			9	Se realizan más de 2 actividades
(Agrotóxicos) Aplicación y tipo de pesticidas	Los plaguicidas, reducen la biodiversidad al destruir plantas e insectos que son alimento de otras especies animales (FAO, 2002).	Aplicaciones	3	Aplica más de 2
			6	Aplica al menos 1
			9	No aplica
(Agrotóxicos) Aplicación y tipo de fertilizantes	La contaminación por fertilizantes se produce cuando éstos se utilizan en mayor cantidad de la que pueden absorber los cultivos o cuando se eliminan por acción del agua o del viento antes de que puedan ser absorbidos (FAO, 2002).	Aplicaciones	3	Aplica más de 2
			6	Aplica al menos 1
			9	No aplica
(Agua) Origen y consumo de agua	El riego agrícola está agotando y contaminando muchas reservas de agua, aumentando los niveles de desertificación y salinización (FAO,2007).	Origen del agua para el cultivo	3	Pozo profundo
			6	Presa
			9	Lluvia (temporal)
(Energía) Nivel de mecanización	La mecanización de las labores agrícolas descansa casi por completo en los combustibles fósiles, liberando gases de invernadero a la atmósfera (PNUMA, 1999).	Número de maquinas utilizadas	3	Utiliza más de 2 maquinas
			6	Utiliza al menos 1 maquina
			9	No mecanizado
(Biodiversidad) Monocultivo o multicultivo	El monocultivo, base de la agricultura intensiva y antítesis de la biodiversidad, altera el equilibrio de los ecosistemas circundantes (FAO, 2002).	Monocultivo o Multicultivo	3	Monocultivo
			6	Al menos 2 cultivos
			9	Multicultivo > 3 cultivos
(Suelo) Nivel de erosión del suelo	La erosión, la salinización y la desertificación son las manifestaciones más importantes de la degradación de los suelos (GEO3_PNUMA, 2002).	Grado de erosión	3	Elevado
			6	Medio
			9	Sin erosión
(Suelo) contenido de materia orgánica	La materia orgánica es un componente fundamental en los procesos edáficos y tiene un efecto positivo en la	%	3	2 %
			6	4 %
			9	8 %

	productividad de los sistemas agrícolas, el porcentaje recomendado va del 4 al 8 % (Medina-Méndez <i>et al.</i> , 2017).			
(Fauna silvestre) disminución de fauna silvestre con el paso del tiempo	La extinción parcial de especies está destruyendo el sustento biológico del que depende la humanidad, que podrá alcanzar el 67% en 2020 (WWF, 2016).	% de disminución	3	> 50 %
			6	25 %
			9	1 %
(Rentabilidad) del cultivo	La rentabilidad del cultivo se concibe como el beneficio que se obtiene de la inversión para realizar las actividades agrícolas (Contreras, 2005).	% de rentabilidad	3	0 %
			6	25 %
			9	> 50 %
(Mano de obra) por ha	Un sistema es socialmente sustentable si los beneficios se distribuyen en la mayor cantidad posible de personas o grupos sociales (Llamas-González, 2019).	Número de jornales	3	< 15 jornales
			6	30 jornales
			9	> 50 jornales

Una vez definidos los valores anteriores se obtuvo el Cuadro 23, en donde los valores se ingresaron al programa para la evaluación de los indicadores arrojando los siguientes resultados.

**Cuadro 23. Resultados de los indicadores de sustentabilidad en el cultivo de nopal-tunero.**

Dimensión de la Sustentabilidad	Indicadores	Orgánico	Intermedio	Convencional
Entorno físico natural	Temperatura	9	9	9
	Humedad	9	9	9
	Pendiente	9	9	9
	Plagas	9	6	6
	Fertilidad	3	3	3
Ambiental	Servicios ambientales	3	3	3
	Ciclo del cultivo perenne	9	9	9
	Abono o estiércol	6	6	6
	Control biológico	9	6	3
	Mercado	9	9	9
Económica	Rendimiento	3	3	3
	Inversión requerida	3	9	9
	Asociación de productores	3	3	3
Sociales	Tradición cultural	9	9	9
	Integración comunitaria	3	3	3
Indicadores estratégicos o críticos	Agrotóxicos (pesticidas)	9	6	3
	Agrotóxicos (fertilizantes)	9	6	3
	Agua	9	9	9
	Energía	9	9	9
	Biodiversidad	6	3	3
	Suelo (Nivel de erosión)	9	6	6
	Suelo (materia orgánica)	9	6	6
	Fauna (disminución)	6	6	6
	(Rentabilidad) del cultivo	9	6	6
	(Mano de obra) por ha	9	6	6
Resultado	sustentabilidad del entorno físico es:	7.8	7.2	7.2
	La sustentabilidad del cultivo es:	7.2	6.6	6
	La sustentabilidad ambiental es:	7.75	6.72	6.28
	La sustentabilidad económica es:	4.5	5.25	5.25
	La sustentabilidad social es:	7	6	6
	La sustentabilidad global sin ponderar es:	6.35	5.93	5.78
	La sustentabilidad según las variables críticas es:	8.4	6.3	5.7
	¿Quiere usted ponderar los factores críticos?	Si=1	Si=1	Si=1
	Indique su factor de ponderación en %:	80	80	80
	Su calificación es (ponderación de 80 %):	8 Excelente.	6.24 Regular.	5.73 Deficiente.

---

Recomendaciones:	Enseñe a otros.	Usted va bien y puede mejorar.	Haga un esfuerzo por mejorar. Sus hijos lo valen.
------------------	--------------------	-----------------------------------	---

---

Los resultados nos indican que la mayor calificación se obtuvo en el enfoque orgánico (8, excelente), seguida del intermedio (6.24, regular), siendo la mas baja el manejo convencional (5.73, deficiente).

En cuanto a los resultados obtenidos al calcular el índice de sustentabilidad del nopal tunero se coincide con Reganold y Wachter (2016) quienes indican que los sistemas agrícolas orgánicos proporcionan mayores servicios ecosistémicos y beneficios sociales. En contraparte con el enfoque convencional, que debido a la residualidad de la fertilización genera efectos que reducen la calidad del suelo a mediano y largo plazo con consecuencias adversas al sistema edáfico y al ambiente en general (Diacono y Montemurro 2010). Esto se relaciona con lo destacado por la ONU (1992) quien indica que “...el incremento poblacional, el deterioro ambiental y el modelo de la agricultura intensiva, ha generado interés en la sociedad sobre la creación de nuevas estrategias encaminadas al desarrollo sustentable, que logren la producción de alimentos sin afectar los ecosistemas naturales”. Por su parte, Edwards *et al.* (1990) refiere que la agricultura sustentable no solo se refiere a una agricultura que intenta proporcionar rendimientos sostenidos a largo plazo, sino que ha promovido la necesidad de realizar ajustes en la agricultura convencional para que éste se vuelva ambiental, social, y económicamente viable y compatible. De ahí que, la sustentabilidad constituye una prioridad ante la necesidad de desarrollo que no solo involucra a los recursos naturales, sino que también se interrelaciona con aspectos económicos y sociales.

A pesar de que no se consideran relevantes los datos obtenidos de las fuentes subjetivas, los indicadores de la sustentabilidad permiten acumular información real para delinear estrategias encaminadas a lograr, en la medida de lo posible, una situación tal que las generaciones presentes y futuras puedan satisfacer sus necesidades, mediante el uso responsable de los recursos existentes.

## 5 CONCLUSIONES

La caracterización de los enfoques de producción de nopal tunero es un esfuerzo por generar información detallada de los municipios que permitirá a los productores de nopal de la región decidir si se incursionan o no por un sistema de producción acorde a sus necesidades y visión.

En cuanto a los parámetros productivos, el enfoque de producción orgánico de nopal tunero presentó el mayor número de cladodios productivos (83), número de frutos por planta (242) y peso total del fruto (140.9 g), variables que definieron el rendimiento con 21.5 t ha<sup>-1</sup>. Mientras que en el enfoque intermedio y convencional estos parámetros dieron lugar a rendimientos de 8.2 y 11.8 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Estos resultados sugieren que el manejo orgánico da lugar a rendimientos altos y mejora la calidad de la fruta a largo plazo en esta región.

Con respecto a la rentabilidad, el enfoque orgánico presentó una rentabilidad de 150.35 %, aun teniendo en cuenta la renta de la tierra tiende a ser positivo con 88.92%, destacando que, mediante este manejo, por su creciente demanda en el mercado, permite generar mayores oportunidades para enfrentar la baja rentabilidad del cultivo. En cambio, en el enfoque intermedio y convencional la rentabilidad fue de 44.14 y 48.15 % respectivamente, resultando en valores negativos de -22.04 y -10.63 % si se toma en cuenta la renta de la tierra.

Finalmente, en cuanto a la sustentabilidad de los sistemas productivos, la mayor calificación se obtuvo en el enfoque orgánico (8), seguida del intermedio (6.24), siendo la mas baja en el enfoque convencional (5.73), indicativo de que el sistema agrícola orgánico proporciona mayores servicios ecosistémicos y beneficios sociales, mientras que en los demás enfoques es necesario realizar cambios en el proceso de producción como la implementación de técnicas agroecológicas y adopción de prácticas sustentables en el manejo del cultivo para preservar y conservar el recurso natural de forma integral.

## 5.1 Perspectivas

El modelo dominante, que impulso en los años XX la llamada Revolución Verde, ahora se dirige hacia una crisis económica, ecológica y social, siendo este tema de investigación un punto a favor para el análisis y la búsqueda de otros modelos o sistemas agrícolas de producción, como una de las posibles soluciones a la crisis de alimentos, energía y de cambio climático.

Surgiendo como un nuevo paradigma capaz de solucionar los problemas ocasionados en el ámbito ambiental, social, económico, ético y cultural, mediante el manejo de los sistemas agrícolas, basados en la disponibilidad de los recursos de la región, corroborando las perspectivas señaladas en diversas fuentes de información. De esta manera, la agricultura orgánica debidamente gestionada reduce o elimina la contaminación del ambiente y permite conservar el agua y el suelo, además, permite la integración entre cultivos y ganado, esquema ideal para quienes decidan incursionar en la rama de productos inocuos, en cuyos preceptos se estipula el estricto uso de métodos agronómicos, biológicos y mecánicos, en contraposición a la utilización de insumos sintéticos, en coincidencia a los señalamientos que sustentaron Gallegos-Vázquez *et al.* (2018) al desarrollar un paquete tecnológico para la producción orgánica de biomasa de nopal.

La agricultura orgánica es un sector creciente que aporta múltiples beneficios tanto económicos, ambientales como sociales, que brinda respuestas a los desafíos de la sociedad actual, debe ser parte de las soluciones que buscan los tomadores de decisión para la lucha contra el hambre, la pobreza, el cambio climático y el deterioro ambiental.

## 6 RECOMENDACIONES

A través del presente estudio se determinó que las principales estrategias para contrarrestar la problemática actual de la producción de tuna en San Martín de las Pirámides y Axapusco consisten en:

a). Renovación de las plantaciones, rediseñar el marco de plantación dejando espacios para maniobras que facilitaran las labores de cultivo y la cosecha, así como la implementación de las técnicas de adelanto o retraso de la producción, la transición hacia enfoques de producción más sustentables y la implementación de un plan de mercadotecnia para promover el consumo.

b). Fomentar la elaboración de preparados orgánicos y aumentar la disponibilidad de insumos necesarios para la producción orgánica.

c). Generar espacios de investigación, desarrollo, difusión, transferencia y adopción de innovaciones tecnológicas orientadas a la producción orgánica (incentivos para fomentar, promover y difundir conocimiento en la población, reforzar las políticas públicas referentes al fomento, plataformas de integración de mercados regionales e información).

d). Estimular la investigación, desarrollo, difusión, transferencia y adopción de innovaciones tecnológicas exitosas, orientadas a la producción orgánica.

## 7 LITERATURA CITADA

Achkar, M., Cantón, V., Cayssials, R., Domínguez, A., Fernández, G. y F. Pesce. 2005. Ordenamiento ambiental del territorio. Montevideo: Comisión Sectorial de Educación Permanente, Facultad de Ciencias, Universidad de la República Uruguay, pp 55-70.

AGROintegra. Control biológico. 2014. Recuperado en 17 de noviembre de 2020, de <https://www.agrointegra.eu/es/tecnologia/105-contenido/495-control-biologico.html>

Álvarez-García, R.D. y J.A., Rendón-Acevedo. 2010. El territorio como factor de desarrollo. Vol. 13, núm. 27. Universidad de Medellín, Colombia. pp 39-62.

Ammann, K. (2009). Why farming with high tech methods should integrate elements of organic agricultura. *New Biotechnology*, 25(6), 378-388.

- Andersen M. y Pazderka C. (2003). ¿Es la certificación algo para mí? Una guía práctica sobre por qué, cómo y con quién certificar productos agrícolas para la exportación/RUTA-FAO. C.R. Unidad Regional de Asistencia técnica. 32 p. Recuperado de <http://www.fao.org/3/ad818s/ad818s03.htm>
- Arbenz, M., Gould, D., & Stopes, C. (2015). Orgánico 3.0. Por una agricultura y consumo verdaderamente sustentable. (p. 16 Pág.) [Basado en el think tank de SOAAN & IFOAM-Organics International y lanzado en la ISOFAR International Organic EXPO 2015.]. Goesan.: SOAAN & IFOAM.
- Arias Hernández, A. (2015). Productos orgánicos en México. 62.
- Ayala-Garay, A.V., Schwentesius-Rindermann, R., de la O-Olán, M., Preciado-Rangel, P., Almaguer-Vargas, G. y P., Rivas-Valencia. 2013. Análisis de rentabilidad de la producción de maíz en la región de Tulancingo, Hidalgo, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 10(4), 381-395. Recuperado en 02 de noviembre de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-54722013000400001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722013000400001&lng=es&tlng=es).
- Ayuntamiento de Axapusco, Plan de Desarrollo Municipal (PDM).1997-2000. UAM. 1998. Axapusco, México, D.F. Consultado el 09 de Noviembre de 2018 en la siguiente dirección: <http://www.elocal.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15016a.htm>
- Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E., Zakem, E., Chappell, M. J., Avilés-Vázquez, K., Samulon, A., & Perfecto, I. 2007. Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22(2), 86-108.
- Baillieux, P., A. Scharpe (1994) La agricultura ecológica. Comisión Europea, Bruselas. 37 p.
- Barbera, G. 1995. History, economic and agro-ecological importance. *In*: Barbera, G.; P. Inglese; E. Pimienta B., and E. J. Arias. (Eds.). *Agroecology, cultivation and uses of cactus pear*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome. Italia. Pp: 1-11.
- Barbera, G. e P. Inglese. 1993. La coltura del ficodindia. *Frutticoltura*. Bolonga, Italia. 188 p.
- Barrera, Arturo. 2011. Capítulo 1. Nuevas realidades, nuevos paradigmas: La nueva revolución agrícola. En *Situación y desempeño de la agricultura desde la perspectiva tecnológica*. (Edición N° 1, Pp 5-20).
- Bravo-Hollis, H. (1937). *Las cactáceas de México*. 1ª Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 700 pp.
- Bravo-Hollis., H. 1978. *Las cactáceas de México*. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México. 2ª Edición. México, D.F. 743 p.

- Britton, N. L., and J. N. Rose. 1919. The Cactaceae. Vol. I. Publication N° 248. Carnegie Institution of Washington. Washington D.C. 236 p.
- Callejas-Juárez, Nicolás, Matus-Gardea, Jaime A., García-Salazar, J. Alberto, Martínez-Damián, M. Ángel, & Salas-González, J. María. (2009). Situación actual y perspectivas de mercado para la tuna, el nopalito y derivados en el Estado de México, 2006. *Agrociencia*, 43 (1), 73-82. Recuperado en 12 de abril de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952009000100008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952009000100008&lng=es&tlng=es).
- Calva-Pérez, V.; F. Torres-Romo; J. Cervantes-Herrera y C. Gallegos-Vázquez. 2004. El nopal en la perspectiva de los productores de México. En G. Esparza-Frausto, R. d. Valdez-Cepeda y S. de J. Méndez-Gallegos. *El Nopal: tópicos de actualidad*. Chapingo, Méx. Pp 235-250.
- Carvalho, Fernando P. 2006. Agriculture, pesticides, food security and food safety. *Environmental Science & Policy* 9: 685-692.
- Casas, A. & Barbera, G. 2002. Mesoamerican domestication and diffusion. In P.S. Nobel, ed. *Cacti: Biology and uses*, pp.143-162. Berkeley, CA, USA, University of California Press.
- Ciriminna, R., Fidalgo, A., Danzi, C., Timpanaro, G., Ilharco, L.M., Pagliaro, M., 2018. Betanin: a bioeconomy insight into a valued betacyanin. *ACS Sustain. Chem. Eng.* 6 (3): 2860-2865. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b04163>.
- Claridades Agropecuarias. 2017. Productos orgánicos. Una vision de la agricultura orgánica en el mundo. N° 275. ISSN 0188-9974. 49 p.
- Colunga-García M. P., Hernández-Xocolotzi, E., Castillo-Morales, A. (1986). Variación morfológica, manejo agrícola tradicional y grado de domesticación de *Opuntia* spp. en el Bajío Guanajuatense. *Agrociencia*, (65), 7-49.
- Connor D.J. 2008. Organic agriculture cannot feed the world. *Field Crops Research* 106: 187-190.
- Danzi, C.; G. Testa; G. Stella; V.T. Foti; G. Timpanaro. 2020. Potential and location of an anaerobic digestion plant using prickly pear biomass in semi-arid Mediterranean environment. *Journal of Cleaner Production* 249 (2020) 119396. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119396>
- Diacono, M; Montemurro, F. 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30:401-422.
- Discurso de aceptación del Premio Nobel 1970. *Revolución verde: Paz y humanidad*. (Pp. 27-57.). (1970). [Folleto]. [http://www.profmex.org/mexicoandtheworld/volume13/1winter08/borlaug\\_np.html](http://www.profmex.org/mexicoandtheworld/volume13/1winter08/borlaug_np.html)

- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2010. Ley de Productos Orgánicos. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Centro de Documentación, Información y Análisis. disponible en: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LPO.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LPO.pdf)
- Domínguez-García, I. A.; Granados-Sánchez, M. R.; Sagarnaga-Villegas, L. M.; Salas-González, J. M. y J. Aguilar-Ávila. (2017). Viabilidad económica y financiera del cultivo de nopal tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Nopaltepec, Estado de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8 (6), 1371-1382. Recuperado el 24 de junio de 2019, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342017000601371&lng=pt&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000601371&lng=pt&tlng=es).
- Engler, M. (2012). *Hijacked Organic, Limited Local, Faulty Fair Trade*. USA: Dissent Spring. Recuperado de <https://www.dissentmagazine.org/article/hijacked-organic-limited-local-faulty-fair-trade>
- Enrique Salazar Sosa (*et al*), Gómez Palacio. 2003. Agricultura Orgánica. México, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED. Pp. 271. Consultado el 09 de Noviembre de 2018 en línea: [http://www.smcsmx.org/files/books/agricultura\\_org.pdf](http://www.smcsmx.org/files/books/agricultura_org.pdf)
- Escobar, A. (2011). Una minga para el posdesarrollo. *Signo y Pensamiento* 58, Volumen XXX, Pp 306-312.
- Espinoza V. J. L., Palacios E. A., Ávila S. N., Guillen T. A., De Luna P de la R., Ortega P. R. y Murillo A. B. 2007. La ganadería orgánica, una alternativa de desarrollo pecuario para algunas regiones de México. Una revisión. *INCI* 32 (6): 385-390.
- FAZ-UJED (Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.). 2000. Apunte y material recopilado durante el período de formación en el Doctorado: Manejo Sustentable de los Recursos Naturales en Zonas Áridas y Semiáridas. Cátedras del: PhD. Gregorio Núñez "Agricultura Orgánica" y PhD. Urbano Nava Camberos "Manejo Integrado de Plagas" y PhD, Florencio Jiménez Díaz.
- Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Ecológica, IFOAM (2009). Los principios de la agricultura orgánica. Consultado el 15 de noviembre 2018 en línea: [http://www.ifoam.org/sites/default/files/poa\\_folder\\_spanish.pdf](http://www.ifoam.org/sites/default/files/poa_folder_spanish.pdf).
- Fernández, M. E. 2013. Banco Interamericano de desarrollo. Informe Final: Efectos del CC en el rendimiento de cultivos mediante el uso del modelo AquaCrop. Contrato de Cooperación CO-T1150 Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo-FONADE Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. 101 p.
- Ferrer, Guillermo. (2011). *Paradigmas tecnológicos*. Pp. 135-146.

- Flores-Valdez, C.A. y Gallegos-Vázquez, C. 1993. Situación y perspectivas de la producción de tuna en la región centro norte de México. Universidad Autónoma Chapingo-CIESTAAM. Chapingo, México.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2014). *Pérdida y desperdicio de alimentos*. Recuperado en mayo de 2019 de <http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/en/>
- Forschungsinstitut für biologischen Landbau, International Federation of Organic, & Agriculture Movements, IFOAM. (2014). Statistics and Emerging Trends. En *The World of Organic Agriculture* - (p. 322). Recuperado de International Federation of Organic Agriculture Movements.
- Fortis-Hernández, M.; Leos-Rodríguez, J. A., Preciado-Rangel, P., Orona-Castillo, I., García-Salazar, J. A., García-Hernández, J. L., y Orozco-Vidal, J. A. (2009). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 329-336. Recuperado en 17 de noviembre de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792009000400007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792009000400007&lng=es&tlng=es).
- Gallegos V., C., G. Viramontes A. y G. Esparza F. 2001. La Producción de Tuna; una alternativa rentable para el Cañón de Juchipila: Día Demostrativo. UACH-SIVILLA-FIRA-FUNDACIÓN PRODUCE. Jalpa, Zac.
- Gallegos V., C.; B. Hernández.; G. Barrios R. y J. Corrales G. 2004. Tecnología para el apacramiento de tuna: cambios físicos y fisiológicos del fruto y operación de la infraestructura disponible en INPROTUNA, S. A. de C. V. Fundación Produce Zacatecas – Universidad autónoma Chapingo. Zacatecas, Zac. 84 p.
- Gallegos-Vázquez, C. 2020. Evaluación de 15 cultivares de nopal (*Opuntia* spp.) y delimitación de zonas con potencial para la producción temprana de tuna en el estado de Zacatecas. En: A. Llamas-González, N. Morales-carrillo y D. A. Escobar-Moreno (Coordinadores). *Tecnología para la producción agrícola*. Vol. I. Universidad Autónoma Chapingo. Zacatecas, Zac. Méx. pp- 11-31.
- Gallegos-Vázquez, C. y C. Mondragón-Jacobo. 2011. Cultivares Selectos de Tuna, de México al Mundo. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SNICS-SAGARPA)-Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Chapingo, Méx. 157 p.
- Gallegos-Vázquez, C. y S.J., Méndez-Gallegos. 2000. La tuna: criterios y técnicas para su producción comercial. 1ª Edición. Universidad Autónoma Chapingo-Fundación PRODUCE Zacatecas-Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 164 p.
- Gallegos-Vázquez, C., Nuñez-Colín, C. A., Gallegos-Luévano, N. A., Espinosa-Solares, T., & Ramírez-Arpide, R. (2018). Paquete tecnológico: Nopal como cultivo energético. Fondo Sectorial de Investigación en Materias Agrícola, Pecuaria, Agricultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos. Chapingo, Méx. 25 p.

- Gallegos-Vázquez, C.; Barrientos-P, A.F.; Reyes-Agüero, J.A.: Núñez-C, C.A. y C. Mondragón-Jacobo. 2011. Clusters of commercial varieties of cactus pear and xocostle using UPOV morphological traits. *J. PACD*,13: 10-23 p.
- Gallegos-Vázquez, C.; C. Mondragón-Jacobo y J. A. Reyes-Agüero. 2009. An update on the evolution of the cactus pear industry in Mexico. *Acta Horticulturae*, 811:69-76.
- Gallegos-Vázquez, C.; J. Cervantes-Herrera. 2017. Actualidad del Nopal y Tuna en México. En: Antonio Buen Abad Domínguez (Compilador). Congreso Internacional: Experiencia con productores sobre manejo sustentable de nopal, tuna y maguey. SAGARPA – ASERCA – SEDARH, UASLP. San Luis Potosí, SLP. Méx. Pp 7-23.
- Gallegos-Vázquez, C.; Méndez-Gallegos, S. de J. y Mondragón-Jacobo, C. 2013. Primera Edición. Producción Sustentable de la Tuna en San Luis Potosí. Colegio de Postgraduados-Fundación Produce San Luis Potosí. San Luis Potosí. A.C. ISBN: 978-607-96079-0-6. 180 p.
- Gallegos-Vázquez., C., J. Cervantes-Herrera., J. Corrales G. y G. Medina G. 2003. La Cadena Productiva del Nopal en Zacatecas: bases para un desarrollo sostenido. Fundación Produce Zacatecas, A. C. Universidad Autónoma Chapingo - Secretaría de Economía. Zacatecas, Méx. 201 p.
- Gallegos, C., y Flores, C. (1993), Situación de la producción de tuna en Zacatecas: problemas y perspectivas, Zacatecas, México.
- García V., J.C. 1992. La producción y comercialización del nopal tunero (*Opuntia spp*) en la Victoria, municipio de Pinos, Zacatecas. Tesis Profesional. Departamento de Economía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 121 p.
- García-Hernández., J. L.; Murillo A., B.; Nieto G., A.; Fortis H., M.; Márquez H., C.; Castellanos P., E.; Quiñones V., J. De J.; Ávila S., N. Y. 2010. Avances en investigación y perspectivas del aprovechamiento de los abonos verdes en la agricultura. *Terra Latinoamericana* 28(4): 391–399.
- García, E. J. (1996), El cultivo de nopal como alternativa campesina: una llamada a la responsabilidad social del Estado, Tesis de Maestría, Facultad de Derecho, UAZ, Zacatecas, México.
- Gliessman, S. R. (2002). Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 359 p.
- Gómez-Cruz, M. Á., Schwentesius-Rindermann, R., Ortigoza-Rufino, J. y Gómez-Tovar, L. (2010). Situación y desafíos del sector orgánico de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1 (4), Pp: 593-608. Consultado el 07 de enero de 2019. ISSN: 2007-0934. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2631/263120639011>

- Gómez-Cruz. M. Á., Schwentesius-Rindermann, R. y Gómez-Tovar, L. (2006). Agricultura Orgánica en México. En: Agricultura Orgánica de México. Ed. CIESTAAM-UACH, CONACYT, SAGARPA, RAPAM, Falls Brook Centre, Soyitz. México. 194 p. ISBN: 968-02-0273-9.
- Gomiero, T; Pimentel, D; Paoletti, M.G. 2011. Environmental impact of different agricultural management practices: conventional vs. organic agriculture. *Crit. Rev. Plant Sci.* 30:95-124.
- González-Flores S., Guajardo-Hernández L., Almeraya-Quintero S., Pérez-Hernández L. y D Sangerman-Jarquín. (2018). Evaluación de la sustentabilidad del cultivo de maíz en Villaflores y La Trinitaria, Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. [citado 15nov.2020];11(7):1565-78. Available from: <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/editorial/index.php/agricolas/article/view/2673>
- Greene C., Ebel R. 2012. Organic farming systems. *In: Agricultural Resources and Environmental Indicators, 2012 Edition* (C. Osteen, J. Gottlieb y U. Vasavada, eds.). USDA, Economic Research Service, Economic Information, Bulletin Number 98. pp. 37-40
- Guzmán, U., S. Arias, and P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México/ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 315 p.
- Hernández, J. 2004. Harina de semilla de tuna var. Alfacayucan (*o. amyclaea* t): una alternativa nutrimental en la elaboración de galletas. México. Chapingo. 58 p.
- Hughner R.S., McDonagh O., Prothero A., Shultz II C.J., and Stanton J. 2007. Who are organic food consumers? A compilation and review of why people purchase organic food. *Journal of Consumer Behaviour* 6: 1-17.
- Hunt, D. (comp.). 1999. CITES Cactaceae Checklist. Second Edition. Royal Botanical Gardens Kew and International Organization for Succulent Plant Study. Milborne Port. 315 p.
- Ibáñez-Pérez, R. M. 2012. Indicadores y sustentabilidad: utilidades y limitaciones. *Teoría y Praxis*, (11), pp 102-126.
- Inglese, P.; G. Liguori y E. de la Barrera. 2018. Ecofisiología y biología reproductiva del nopal. En: P. Inglese, C. Mondragón-Jacobo and Ali Nefzaoui eds). *Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - ICARDIA. Rome. Pp 31-42.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2009). *Prontuario de Información Geográfica Municipal* (Pág. 9). Consultado el 09 de Noviembre de 2018 en línea: <http://www.inegi.gob.mx/>
- International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM). 2008. Definition of Organic Agriculture. URL: [http://www.ifoam.org/growing\\_organic/definitions/sdhw/pdf/DOA\\_Spanish.pdf](http://www.ifoam.org/growing_organic/definitions/sdhw/pdf/DOA_Spanish.pdf).

- International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) (2008a). *La agricultura orgánica y el suministro mundial de alimentos*. Bonn, Germany: IFOAM.
- International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) (2014). *Definition of Organic Agriculture*. Recuperado en mayo de 2020 de <http://www.ifoam.org/en/organic-landmarks/definition-organic-agriculture>
- International Federation of Organic Agriculture Movements IFOAM. 2010. Arguments in Favor of Organic agriculture. URL: [http://www.ifoam.org/growing\\_organic/1\\_arguments\\_for\\_oa/arguments\\_main\\_page.html](http://www.ifoam.org/growing_organic/1_arguments_for_oa/arguments_main_page.html).
- Jolalpa, J., Aguilar, A., Ortiz, O y García, L. 2011. Producción y comercialización de tuna en fresco bajo diferentes modalidades en Hidalgo, México. Redalyc.org. Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C., México. Revista Mexicana de Agronegocios, vol. XV, núm. 28, enero-junio, 2011. Pp. 606-612.
- Kiesling, R. 1999. Origen, domesticación y distribución de *Opuntia ficus-indica*. *Journal of the Professional Association for Cactus Development.*, 3: 50-59 (available at <http://www.jpacd.org>).
- Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Diario Oficial de la Federación. (2001). LEX-FAOC050486. Pp:132-174.
- Llamas-González, A. 2019. Fundamentación (preliminar) de los indicadores de sustentabilidad para el proyecto de investigación de un cultivo orgánico de tuna. Centro regional Universitario centro Norte, Morelos, Zac. 6 p. (Documento inédito).
- Magkos F., Arvaniti F. & Zampelas A. 2006. Organic Food: Bu-ying More Safety or Just Peace of Mind? A Critical Review of the Literature. *Critical reviews in food science and nutrition* 46: 23-56.
- Mandujano, M., J. Gulovob, y J. Reyes. 2002. Lo que usted siempre quiso saber sobre las cactáceas y nunca se atrevió a preguntar. CONABIO. *Biodiversitas*. 40:4-7.
- March, Guillermo Juan. (2014). *Agricultura y plaguicidas: un análisis global*. 1ª ed. Rio Cuarto: FADA-Fundación Agropecuaria para el Desarrollo de Argentina. ISBN 978-987-45427-1-7.
- Marín, S., Bertsch, F. y L., Castro. (2017). Efecto del manejo orgánico y convencional sobre propiedades bioquímicas de un Andisol y el cultivo de papa en invernadero. *Agronomía Costarricense*, vol. 41, núm. 2. Universidad de Costa Rica. Colegio de Ingenieros y Agrónomos. Ministerio de Agricultura y Ganadería. DOI: 10.15517/rac.v41i2.31298.
- Márquez-Berber, Sergio Roberto, Torcuato-Calderón, Cristina, Almaguer-Vargas, Gustavo, Colinas-León, María Teresa y Khalil Gardezi, Abdul. (2012). El sistema

productivo del nopal tunero (*Opuntia albicarpa* y *O. megacantha*) en Axapusco, Estado de México: Problemática y alternativas. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 18(1), 81-93.

- Mazoyer, M. (2001). Defendiendo al campesinado en un contexto de globalización. (p. 23). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). [www.fao.org/sd](http://www.fao.org/sd)
- Medina-Méndez, J., Volke-Haller, V., Galvis-Spínola A., Cortés-Flores J. I. y Ma. de J. Santiago-Cruz. (2017). Incremento de la materia orgánica del suelo y rendimiento de mango en Luvisoles, Campeche, México. *Agron. Mesoam.* 28(2):499-508. ISSN 2215-3608, doi:10.15517/ma.v28i2.22236. Recuperado el 17 de noviembre de 2020 en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v28n2/43750618014.pdf>
- Mejía-Lara, F. 2020. Proyecto estratégico de nopal tunero, con manejo orgánico, en la región Valle de Teotihuacán, Estado de México. Axapusco. Edo. de Méx. Documento en formato banner inédito.
- Méndez-Gallegos, S. J., y García Herrera, J. (2006). La Tuna: Producción y diversidad. *Boletín Bimestral de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (BIODIVERSITAS)*, Septiembre-Octubre (68), Pp. 1-5.
- Miller, H. (2010). Can Organic Farming Feed the World? Perspectives on a Food Movement's Place in World Food Security. *HONOLULU*, 8, 35-38. Recuperado de <http://hilo.hawaii.edu/academics/hohonu/documents/Vol08MASTER.pdf#page=36>
- Mondragón-Jacobo, C. y C. Gallegos-Vázquez. 2013. Los sistemas de producción comercial de tuna en México y su aplicación en el Altiplano. In: Gallegos-Vázquez, C.; Méndez-Gallegos, S. de J. y Mondragón-Jacobo, C. (Eds.). 2013. *Producción sustentable de tuna en San Luis Potosí*. Colegio de Postgraduados-Fundación Produce San Luis Potosí. San Luis Potosí, SLP. México. Pp 37-48.
- Monreal, M. 2003. Actividad de los microorganismos del suelo en sistemas agrícolas con uso mínimo de insumos. In *Congreso Alianza Tecnológica para la Agricultura con Calidad, Memoria, 2003*, San José, Costa Rica. 75 p.
- Nobel, S. P. 1994. *Remarkable agaves and cacti*. Oxford Univer. Press. New York. 166 p.
- Ochoa-Morales R. G. 2010. *Agricultura orgánica*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, Méx. 76 p.
- Ortigoza-Rufino J., (2010). *Definición de las Políticas Públicas para el Sector Orgánico de México (Tesis Doctoral)*. Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México. 276 p.

- Pastor-Pazmiño, C., Concheiro, L. y Wahren, J. 2017. Agricultura alternativa en Latinoamérica. Tipología, alcances y viabilidad para la transformación social-ecológica. FES-Transformación. 47p.
- Penrose-Buckley, C. 2007. Organizaciones de productores: Guía para el desarrollo de empresas rurales colectivas. España. ISBN: 978-84-8452-329-1. 221 p.
- Pérez C.J. 2004. Agricultura ecológica: una alternativa al desarrollo sustentable en el campo mexicano. *El Cotidiano* 20 (127): 95-100.
- Pérez-López, E. 2013. Análisis de fertilidad de suelos en el laboratorio de Química del Recinto de Grecia, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, XIV(29),6-18.[fecha de Consulta 17 de Noviembre de 2020]. ISSN: 2215-2458. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=666/66629448001>
- Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D., & Seidel, R. 2005. Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. *BioScience*, 55(7), 573-582.
- Pimienta-Barrios, E. 1990. El nopal tunero. Ed. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. 246 p.
- Potgieter, P. y S. D'Aquino. 2018. Producción de tuna y manejo postcosecha. En: P. Inglese, C. Mondragón-Jacobo and Ali Nefzaoui eds). *Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – ICARDIA. Rome. pp 56-73.
- Pretty J. 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Phil. Trans. R. Soc. B* (2008) 363: 447-465. doi:10.1098/rstb.2007.2163
- Productos orgánicos. Una visión de la agricultura orgánica en el mundo. 2017. *Claridades Agropecuarias*. N° 275. ISSN 0188-9974. 49 p.
- Publicidad Vinculando. 2007. «Agricultores Orgánicos en el Estado de México, 2005» [en línea]; Revista Vinculando. URL: [http://vinculando.org/organicos/directorio\\_de\\_agricultores\\_organicos\\_en\\_mexico/agricultores\\_organicos\\_en\\_el\\_estado\\_de\\_mexico\\_2005.html](http://vinculando.org/organicos/directorio_de_agricultores_organicos_en_mexico/agricultores_organicos_en_el_estado_de_mexico_2005.html)
- Ramírez-Abarca, Orsohe; Figueroa-Hernández, Esther y Espinosa-Torres, Luis Enrique 2015. Análisis de rentabilidad de la tuna en los municipios de Nopaltepec y Axapusco, Estado de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 36. Pp.1199-1210. [fecha de Consulta 13 de enero de 2019]. ISSN: 1405-9282. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=141/14132408006>
- Ramírez-Arpide, R. F.; T. Espinosa-Solares; C. Gallegos-Vázquez; Santoyo-Cortés, V. H. 2019. Bioenergy production from nopal cladodes and dairy cow manure on a farm-scale level: challenges for its economic feasibility in Mexico. *Renewable Energy* 142:383-392. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.04.093>.

- Reganold, J; Wachter, J. 2016. Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*. 2:1-8.
- Restrepo-Rivera, J. 2007. Manual Práctico, El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas. Ed. Servicio de Información Mesoamericano sobre Agricultura Sostenible (SIMAS), Managua, Nicaragua. 260 p.
- Restrepo-Rivera, J. 2007. Manual práctico: ABC de la Agricultura Orgánica y Panes de Piedra. Cali, Colombia. 103 p.
- Restrepo-Rivera, J. 2014. El ABC de la agricultura. Memorias Audiovisuales de Semilla Caribe Peninsular. Yucatán, México.
- Reyes-Agüero, J.A.; Aguirre-Rivera, J.R. y J.L. Flores-Flores. 2005. Variación morfológica de *Opuntia* (Cactaceae) en relación con su domesticación en la Altiplanicie Meridional de México. *Interciencia*. 30(8): 476-484.
- Reyes-Ortiz, P. A. 2017. Producción de naranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) variedad valencia tardía bajo manejo orgánico en San Pablo, Papantla de Olarte, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 212 p.
- Roldán Rueda, María Amalia Gracia, María Eugenia Santana y Jorge Enrique Horbath. 2016. Los mercados orgánicos en México como escenarios de construcción social de alternativas, *Polis* 43. Consultado el 06 noviembre 2018 en línea: <http://journals.openedition.org/polis/11768>
- Roldán-Rueda H. N., Amalia-Gracia M., Santana M. E. y Horbath J. E. 2016. Los mercados orgánicos en México como escenarios de construcción social de alternativas, *Polis* 43. Consultado el 06 noviembre 2018 en línea: <http://journals.openedition.org/polis/11768>
- Romanelli, K. 2008. Producción, comercialización y explotación de la tuna. <http://delap.nuevaeconomia.com.bo/planes/Katherina%Romanelli%20-%20Produccion%20de%20tuna.pdf>; Consultado el 26 de noviembre del 2018.
- Ruiz-Rojas, J., Nahed Toral, J., y Sánchez-Muñoz, B. 2012. Avances en la agricultura Orgánica en Chiapas.
- Ruttan V.W. 2010. The transition to agricultural sustainability. Radcliffe's IPM World Textbook. University of Minnesota. [pmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/Ruttan SP.htm](http://pmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/Ruttan%20SP.htm).
- Saket, M., Altrell, D., & Branthomme, A. 2004. Inventario forestal nacional. Manual de campo. FAO. <http://www.fao.org/3/ae578s/AE578S00.htm#TopOfPage>
- Saravia-Tasayco, P. Luis. 2001. Agrupamientos productivos (clúster) del nopal. 46 p.

- Scheinvar, L. y C. Gallegos-Vázquez. 2017. Atlas de los nopales silvestres mexicanos. En: El Nopal, emblema nacional. Colección Tonacayotl: Nuestro Sustento. Fundación Herdez, A. C. CDMX. Pp 65-77.
- Schwenteslus-Rindermann, R., Gómez Cruz, M. Á., Ortigoza Rufino, J., & Gómez Tovar, L. 2016. México Orgánico. Situación y Perspectivas. Agroecología, 9 (January 26), 7-15.
- Segrelles-Serrano. J.A. 2005. El problema de los cultivos transgénicos en América Latina: una "nueva" revolución verde. *Entorno Geográfico*, (3), 93-120.
- Sen Amartya. 2000. Desarrollo y libertad. Editorial Planeta. Buenos Aires. Traducción de Esther Rabasco y Luis Toharia. pp 1-7.
- Seufert V., Ramankutty N. & Foley J.A. 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485: 229-232.
- Shi-ming, MA. y Sauerborn, Joachim. 2006. Review of history and recent development of organic farming worldwide. *Agricultural Sciences in China*, 5(3), 169-178. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(06\)60035-7](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(06)60035-7)
- SIAP. 2016. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Avance de Siembras y Cosechas Perennes 2015. <http://www.sagarpa.gob.mx/sagar5htm>.
- SIAP. 2018. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Atlas Agroalimentario 2018. La agricultura orgánica en México. Pág. 150. [https://nube.siap.gob.mx/gobmx\\_publicaciones\\_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018](https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018)
- SIAP. 2019. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. La agricultura orgánica en México. Atlas Agroalimentario 2018. 150 p.
- SIAP. 2020. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Avance de Siembras y Cosechas. Resumen Nacional por estado. Temporal. Perennes. 2020. [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do)
- SIAP. 2020. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Avance de Siembras y Cosechas. Resumen Nacional por cultivo. Temporal. Perennes. 2020. [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do)
- Sustainable Table. 2014. *Why should I pay more for organics?* Recuperado en junio de 2019 de <https://sustainabletable.org.au/all-things-ethical-eating/industrial-vs-organic/>

- Syed S. y M. Miyazako. 2013. Promover la inversión en la agricultura a fin de aumentar la producción y la productividad. FAO. Elaborado en el marco del proyecto Apoyo para el estudio de medidas políticas apropiadas a fin de aumentar la inversión en agricultura y estimular la producción de alimentos. Roma (Italia). 78 p.
- Tein, B; Kauer, K; Eremeev, V; Luik, A; Selge, A; Loit, E. 2014. Farming systems affect potato (*Solanum tuberosum*) tuber and soil quality. *Field Crops Research* 156:1-11.
- Tilman D., Cassman K.G., Matson P.A., Naylor R., & Polasky S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671-676.
- Todaro, M. P. y Smith, S. C. 2012. *Economic Development (11 Th)*. PEARSON.
- Toledo, V. 2012. "Diez tesis sobre la crisis de la modernidad", en *Polis*, No 33, *Polis Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales*, Santiago de Chile.
- Tomas-Simin, M. y Glavas-Trbic, D. 2016. Historical development of organic production. *ECONOMICS OF AGRICULTURE*, Vol. LXIII(N°3(741-1112)), 1083-1099.
- Trewavas A. 2004. A critical assessment of organic farming-and-food assertions with particular respect to the UK and the potential environmental benefits of no-till agriculture. *Crop Protection* 23. 757-781.
- USDA. 2016. "Organic certification and accreditation" en United States Department of Agriculture. [en línea] USA, Disponible en: <https://www.ams.usda.gov/services/organic-certification>
- Waterfield G., and Zilberman D. 2012, Pest management in food systems: and economic perspective. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 37: 223-245.
- Willer H., & Lernoud, J. 2017. *The Word of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends*. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) and IFOAM-Organics International.
- Willer H., K. L., & Lernoud, J. 2014. *The World of Organic Agriculture Statistics and Emerging Trends*. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), Frick, and International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM).
- Zamilpa, J., Schwentesius Rindermann, R., & Ayala Ortiz, D. A. 2016. Estado de la cuestión sobre las críticas a la agricultura orgánica. *Acta Universitaria*, 26(2), 20-29. doi: 10.15174/ au.2016.854
- Zavaleta-Beckler, P., Olivares-Orozco, L. J., Montiel-Salero, D., Chimal-Hernández, A. y L., Scheinvar. 2001. Fertilización orgánica en xoconostle. *Agrociencia*, 35(6),609-614.[fecha de Consulta 26 de Noviembre de 2020]. ISSN: 1405-3195. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=302/30200604>

Zibechi, R. 2007. Autonomías y emancipaciones: América Latina en movimiento. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Fondo Editorial de la Facultad de Ciencias Sociales.