

Serie “*Reportes de Investigación*”, Diciembre de 2002

PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LA TUNA

CLAUDIO A. FLORES VALDEZ

El CIESTAAM es un Centro de Investigación y de Posgrado de Alto Nivel, con sede en la Universidad Autónoma Chapingo, que desde su fundación, en 1990, estudia los problemas económicos, sociales y tecnológicos de la agroindustria y la agricultura mundial, generando y difundiendo conocimientos a través del trabajo interdisciplinario, con una visión integral, crítica y propositiva, priorizando las necesidades de la sociedad rural y los intereses de los grupos mayoritarios.

Serie Reportes de Investigación, fundada en 1991 por:

Manuel Ángel Gómez Cruz y Rita Schwentesius Rindermann

Producción y comercialización de la tuna

Claudio A. Flores Valdez

Comité Editorial

Rita Schwentesius Rindermann

Manuel Ángel Gómez Cruz

Elba Pérez Villalba

Jorge G. Ocampo Ledesma

Fernando Cervantes Escoto

Víctor H. Palacio Muñoz

Primera edición en español, Año 2002

ISBN: 968-884-904-9

© Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM-Programa Nopal), Universidad Autónoma Chapingo, km. 38.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230, Chapingo, estado de México.
E-mail: ciestaam@taurus1.chapingo.mx, <http://www.chapingo.mx/ciestaam/>

Derechos reservados conforme a la ley
Impreso y hecho en México.

Profesor-Investigador del Departamento de Economía Agrícola y Coordinador del Programa Nopal del CIESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo. E-mail: nopal99@prodigy.net.mx

Producción y comercialización de la tuna

Claudio A. Flores Valdez



**Centro de Investigaciones Económicas, Sociales
y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura
Mundial (CIESTAAM)**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Diciembre, 2002



Producción y comercialización de la tuna

ÍNDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Origen del nopal.....	11
1.2. Taxonomía del nopal tunero	13
2. PASADO Y PRESENTE DE LA PRODUCCIÓN DE TUNA EN MÉXICO.....	15
2.1. Nopaleras silvestres.....	17
2.2. Huertos familiares	18
2.3. Nopaleras en plantaciones	19
3. MANEJO TÉCNICO DEL CULTIVO	19
3.1. Selección del terreno	19
3.1.1. <i>El clima</i>	19
3.1.1.1. Precipitación.....	20
3.1.1.2. Temperatura	20
3.2. Preparación del terreno.....	20
3.3. Trazado y densidad de la plantación	20
3.3.1. <i>Trazo de la plantación</i>	20
3.3.2. <i>Densidad de plantación</i>	21
3.4. Variedades	21
3.5. Plantación.....	23
3.6. Fertilización y abonado	23
3.6.1. <i>Fertilización</i>	23
3.6.2. <i>Abonado</i>	24
3.6.3. <i>Cómo fertilizar y abonar</i>	25
3.6.4. <i>Cuándo fertilizar y abonar</i>	26
3.7. Podas.....	26
3.8. Combate de plagas y enfermedades	27
3.9. Prácticas culturales y control de malezas	29
3.10. Daños por factores ambientales	29
3.10.1. <i>Daños por sequía</i>	29
3.10.2. <i>Daños por heladas</i>	30
3.10.3. <i>Daños por granizadas</i>	30
3.10.4. <i>Daño por fuego</i>	31
3.11. Riegos	31
3.12. Aclareo de frutos	32

3.13. Forzamiento de la fructificación	32
3.14. Obtención de tuna sin semilla	33
3.15. Cosecha.....	35
3.15.1. <i>Métodos de cosecha</i>	35
3.15.2. <i>Época de cosecha</i>	36
3.16. Manejo de la tuna en poscosecha.....	38
3.17. Rendimientos	43
3.18. Producción de tuna en alta densidad	44
4. DESESPINADO DE LA TUNA	46
4.1. Desespinado manual.....	46
4.2. Desespinado mecánico	46
4.3. Selección.....	46
5. EMPAQUE DE LA TUNA	47
6. OFERTA DE LA TUNA A ESCALA MUNDIAL	48
6.1. Italia.....	50
6.2. Israel	51
6.3. Estados Unidos.....	52
6.4. África del Sur	52
6.5. Chile	52
6.6. Argentina	53
6.7. Colombia.....	54
7. EL MERCADO DE LA TUNA EN MÉXICO	55
7.1. Zonas de producción	55
7.2. Oferta.....	56
7.2.1. <i>Volumen de producción</i>	56
7.2.2. <i>Época de producción</i>	56
7.3. Demanda	57
7.4. Precios	57
7.5. Canales de comercialización.....	61
8. EXPORTACIÓN DE TUNA MEXICANA	65
8.1. Volúmenes y valor de las exportaciones	65
8.2. Regulaciones arancelarias para la tuna en el TLCAN	66
8.3. Nombres de la tuna en diferentes países	68

9. LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA TUNA.....	68
9.1. Productos de la tuna en la industria extractiva y biotecnológica.....	68
9.2. Productos de la tuna en la industria de bebidas	70
9.3. Productos de la tuna en la industria alimentaria	70
10. MATRIZ DAFO DE LA TUNA.....	71
10.1. Debilidades	71
10.2. Amenazas.....	71
10.3. Fortalezas	71
10.4. Oportunidades	72
11. PROGRAMA PARA EL DESARROLLO DE LA CADENA AGROALIMENTARIA DE LA TUNA.....	72
11.1. Objetivos y estrategias para incrementar la producción	72
11.2. Objetivos y estrategias para hacer eficiente el proceso de industrialización de la tuna.....	74
11.3. Objetivos y estrategias para mejorar la comercialización de la tuna en el mercado nacional e internacional.....	75
11.4. Estrategias para ampliar el mercado nacional e internacional de la tuna mexicana	77
11.4.1. <i>Estrategia global para la introducción y posicionamiento del producto en los diferentes mercados de consumo.....</i>	77
11.4.2. <i>Estrategias de penetración y posicionamiento en los mercados meta nacionales.....</i>	77
11.4.3. <i>Estrategias de penetración y posicionamiento en los mercados meta del exterior.....</i>	77
12. CONCLUSIONES.....	80
12.1. En cuanto a producción	80
12.2. En cuanto al procesamiento e industrialización de la tuna.....	81
12.3. En cuanto a la comercialización	81
12.4. En cuanto al comercio exterior	81
13. LITERATURA CITADA.....	82

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Origen del nopal

La familia *Cactaceae* es endémica del continente americano, lo que significa que antes que el hombre distribuyera plantas de esta familia no existían en Europa, Asia, África, ni en Oceanía. Las cactáceas prosperan sobre todo en las regiones áridas y semiáridas, y las razones por las que el nopal se ha difundido ampliamente en el mundo son las siguientes:

- a. Los desiertos en el mundo ocupan en conjunto una superficie de 54.6 millones de km², equivalente al 28% de la superficie sólida del planeta; cubren superficies en 150 países y en ellos habitan 700 millones de seres humanos, el 14% de la población mundial (Velasco, 1991).
- b. Helia Bravo (1978), respecto a las adaptaciones de las plantas al medio árido, expresa lo siguiente: “Entre las características del clima determinantes de la mayor aridez y que influyen sobre las plantas y sus tipos de vegetación, se encuentran el régimen de lluvias, que ocurre en la época más caliente del año, lo que ocasiona que el agua se evapore rápidamente, también el carácter torrencial de las lluvias provoca escurrimientos rápidos sobre la superficie del suelo, penetrando escasamente en el mismo. Después de la evaporación y escurrimientos rápidos, el agua que aprovechan las plantas es escasa, para sobrevivir tienen que absorberla de inmediato, almacenarla e impedir su pérdida (transpiración) excesiva, por medio de adaptaciones anatómicas y fisiológicas que adquirieron a través del tiempo”.

Las adaptaciones anatómicas y fisiológicas de los nopales al medio árido (Nobel, 1998) se presentan para cada uno de sus órganos.

La raíz, órgano por el cual las plantas absorben el agua, en el nopal se caracterizan por ser muy extendidas y someras (primeros 20 cm del suelo), y porque al iniciarse las lluvias desarrollan rápidamente raíces secundarias y pelos absorbentes, que permiten a la planta absorber el agua con rapidez, en cambio, al iniciarse el periodo de sequía se enjutan (disminuyendo con ello la pérdida de agua por flujo de ésta al suelo) y algunas se desprenden. Las raíces también acumulan agua, en algunos casos de manera importante, como en *Opuntia macrorhiza*.

El tallo, en el género *Opuntia* toma dos formas básicas: aplanado (como en las plantiopuntias o nopales) y cilíndrico (en las cilindropuntias, como en las choyas o cardenches); en ambos casos es donde se realiza la fotosíntesis y donde se encuentra el tejido parenquimatoso que almacena el agua (por lo que a estos vegetales se les denomina plantas crasicaules o de tallo grueso).

Los tallos de los nopales han desarrollado excelentes adaptaciones para disminuir la pérdida de agua, algunas de estas adaptaciones son las siguientes: presentan una cutícula gruesa, que en ocasiones está cubierta de cera o de pelos, como en *Opuntia*

tomentosa, exhiben un número menor de estomas (órganos por donde las plantas absorben bióxido de carbono, expulsan oxígeno y pierden humedad), que otras especies, además se encuentran hundidos, por lo que disminuye la pérdida de humedad, y lo más importante, a diferencia de la mayoría de las plantas, presentan metabolismo ácido-crasulaceo (CAM), que se caracteriza porque los estomas abren sólo por la noche (para el intercambio gaseoso que la planta requiere para realizar la fotosíntesis), con lo que disminuye de manera importante la pérdida de humedad.

Las hojas en los nopales se caracterizan por ser sumamente reducidas y caducas (se desprenden de los tallos tiernos “nopalitos”, sólo duran de tres a cinco semanas), en muchas especies las hojas se han transformado en espinas.

Las espinas protegen a los nopales del consumo por animales, lo que produciría a las plantas cortes y heridas, y con ello la pérdida de agua, además, al sombrear las pencas y atenuar el efecto del viento, las espinas contribuyen a disminuir la pérdida de humedad de la planta, lo que es esencialmente importante en especies con muchas espinas, como en *Opuntia microdasys* (nopal cegador).

La flor, órgano por el que las plantas pueden perder agua de manera importante, en el nopal abren sólo un día y en seguida los pétalos se deshidratan y caen; así, los nopales no requieren la participación de insectos o pájaros para la fecundación, pues en la mayoría de los casos, cuando abre la flor, ya ha ocurrido la autofecundación.

El fruto (la tuna) es suculento y se comporta como una prolongación del tallo, realiza la fotosíntesis y tiene pocos estomas, que abren por la noche, presenta aguates (espinas pequeñas) que le ayudan a conservar humedad.

c. Se ha considerado al nopal como una de las plantas más útiles para frenar la desertificación (Nostas, 1998), porque con ella se pueden formar setos en curvas de nivel, que evitan la erosión hídrica y eólica de los suelos, soportando las condiciones del medio árido, caracterizado por lluvias escasas y erráticas y gran variación de las temperaturas diurnas y anuales.

Además, con el nopal se logran reforestaciones “seguras”, porque al plantar las pencas, éstas brotarán a pesar de que las lluvias se suspendan 3 o 4 meses, en cambio, con otras especies (guaje, mezquite, etc.), si las lluvias se suspenden por 3 o 4 semanas se puede perder hasta el 90% de las plántulas.

En México se llama nopal a las plantas de la familia *Cactaceae* de los géneros *Opuntia* y *Nopalea*. Debido a que presenta gran cantidad de especies, México es considerado como uno de los centros de origen de estas plantas. Helia Bravo (1978), en el primer volumen de su libro “Las Cactáceas de México”, señala para los nopales estos dos géneros.

1.2. Taxonomía del nopal tunero

REINO:	Vegetal
SUBREINO:	Embryophita
DIVISIÓN:	Angiospermae
CLASE:	Dicotiledónea
SUBCLASE:	Dialipétalas
ORDEN:	Opuntiales
FAMILIA:	Cactaceae
SUBFAMILIA:	Opuntioideae
TRIBU:	Opuntiae
GENEROS:	Opuntia y Nopalea

El género *Opuntia* en México comprende cinco subgéneros, diecisiete series y 104 especies (Bravo, 1978):

- Subgénero *Cylindropuntia*, incluye ocho series y 29 especies, de las cuales sólo tres se utilizan como forraje: *O. fulgida*, *O. cholla* y *O. imbricata*.
- Subgénero *Grusonia*, presenta una sola especie.
- Subgénero *Corynopuntia*, reúne ocho especies.
- Subgénero *Opuntia*, implica 17 series y 63 especies, de las cuales se utilizan para forraje: *O. decumbes*, *O. microdasys*, *O. rastrera*, *O. azurea*, *O. lindheimeri*, *O. cantabrigiensis*, *O. duranguensis*, *O. leucotricha*, *O. robusta*, *O. stenopétala*, *O. rufida*, *O. violácea*, *O. phaecantha*, *O. Neochrysacantha*, y *O. pailana*. y como frutales se utilizan cinco especies: *O. hyptiacantha*, *O. streptacantha*, *O. megacantha*, *O. xoconostle* y *O. ficus-indica*; como nopal de verdura se utilizan tres especies: *O. ficus-indica*, *O. robusta* y *O. leucotricha*.
- Subgénero *Stenopuntia*, engloba tres especies, de las cuales dos se utilizan para forraje: *O. stenopétala* y *O. grandis*.

El género *Nopalea* en México comprende 10 especies (Bravo, 1978), de las cuales probablemente sólo una, *N. Cochenillífera*, se utiliza como nopal verdura. En suma, de las 104 especies de *Opuntia* y 10 de *Nopalea* se utilizan para forraje quince especies; por su fruta, cinco y como verdura, cuatro (tres de *Opuntia* y una de *Nopalea*).

Se considera que esta clasificación es útil para los nopales silvestres y para las especies utilizadas como forraje, sin embargo, resulta poco útil para las variedades cultivadas productoras de tuna o verdura (nopalitos).

En el Cuadro 1.1 se presenta una relación de las principales variedades utilizadas en México para la producción de tuna, de donde se desprende que la mayoría se encuentra identificada únicamente con los nombres regionales, registrándose,

además, un acentuado problema de sinonimia, puesto que algunas variedades reciben hasta tres o cuatro nombres en una misma región, como es el caso de la variedad “Picochulo”, a la que también se le denomina “Apastillada” o “Naranjona”.

Las variedades de nopal cultivadas para producir tuna se desarrollaron con la intervención del hombre durante miles de años en los agostaderos y los huertos familiares, por lo que son variedades obtenidas mediante selección.

Variedades como “Cristalina” y “Burróna” probablemente provengan de una sola planta, considerando que presentan mínima variación fenotípica. Existen algunas (Amarilla legítima, Amarilla huesona, Amarilla montesa y Amarilla miquihuana) que algunos técnicos y productores sostienen que son variedades diferentes. En contraposición, otros sostienen que se trata de una sola variedad que presenta una gran plasticidad fenotípica, de manera que según se desarrolle en condiciones más o menos favorables de suelo y humedad, los frutos se parecerán a alguna de las variedades mencionadas.

Cuadro 1.1. Principales variedades de nopal tunero cultivadas en México

<i>Variedad</i>	<i>Entidades donde se produce</i>	<i>Especie</i>
Villanueva	Puebla	
Alfajayucan	Estados de México e Hidalgo	<i>O. tenore (O. amyclaea, según Bravo, 1975)</i>
Roja Pirámides	Estado de México	
Burróna	Zacatecas, Jalisco, San Luis Potosí	
Cristalina	Zacatecas, Jalisco, Aguascalientes, S.L.P.	
Reyna	Guanajuato, Zacatecas	
Gavia	San Luis Potosí	
Esmeralda	Guanajuato, Querétaro	
Rojo Pelón	Guanajuato, Zacatecas, Jalisco, S.L.P.	
Rubi Reyna	Zacatecas, San Luis Potosí	
Torreoja	Jalisco, Zacatecas, Aguascalientes, S.L.P.	
Morada	Aguascalientes	
Amarilla Montesa	Zacatecas, Jalisco	
Miquihuana	Tamaulipas, S.L.P.	
Amarillo Huesona	Zacatecas, Jalisco	
Picochulo	Zacatecas, Jalisco, Aguascalientes	
Cardón	Silvestre y huertos familiares en S.L.P., Zacatecas, Durango, Aguascalientes, jalisco, Guanajuato, Querétaro, etcétera	<i>O. streptacantha</i>

Fuente: Flores y Gallegos (1993).

Para dilucidar esta cuestión deberán hacerse estudios filogenéticos. Probablemente convenga hacer pruebas de ácido desoxiribonucleico (ADN), para definir la secuenciación del genoma de todas las variedades cultivadas y hacer comparaciones entre sí y con *O. hyptiacantha*, *O. streptacantha*, *O. megacantha* y *O. ficus-indica*, con la finalidad de analizar el grado de familiaridad con estas especies silvestres y entre variedades cultivadas.

2. PASADO Y PRESENTE DE LA PRODUCCIÓN DE TUNA EN MÉXICO

Los aztecas llamaban *nopalli* a las plantas que hoy conocemos como nopal y los *nopalli* salvaron a este pueblo de morir de hambre y sed en el largo y peligroso camino que habían emprendido con una dirección desconocida, por la inmensa soledad del desierto del norte de México. Fue en el siglo XII que los aztecas salieron de Aztlán en una larga y accidentada peregrinación hacia el sur en busca de un lugar en donde fijar su asiento. Durante casi dos siglos erraron bajo soles inclementes, noches heladas, viento y arena, seguramente hostigados por el hambre y la sed, y esclavizados y perseguidos por otros pueblos, hasta que, compadecido, su Dios Huitzilopochtli se le presentó a uno de los sacerdotes de la tribu y le ordenó: “Dile a todos esos mexitin, tus compañeros, que en el nopalli, donde habita el águila, han de poblar y hacer la cabeza de su señorío y allí verán ensalzadas sus generaciones”. Así, en 1325, en una isla cerca del lago Texcoco, los aztecas vieron el águila sobre un nopal devorando una serpiente y allí pusieron fin a su éxodo y fundaron la ciudad de Tenochtitlán, hoy ciudad de México, que quiere decir “sitio del nopal que crece sobre la piedra”.

Muchos pueblos nativos de esta América aprovecharon la bondad de los cactus, pero solamente los aztecas los comieron, los observaron, los celebraron, los incorporaron a sus ritos y a su heráldica y los convirtieron en un símbolo religioso y nacional, es decir, fueron los únicos que articularon alrededor de estas plantas toda una cultura que les dio comida, sabiduría, poder y significado. En el *nopalli* pudieron reconocer, como en un claro espejo, su propia identidad, tal como lo describe Salvador Novo: “Los aztecas llamaban a la planta *nopalli* y a su fruta *noctli* y de acuerdo con el color de las frutas: *yztanochtli* a la fruta blanca, *coznochtli* a la fruta amarilla, *atlatonochtli* a las tunas de color rosado y *tlalpanochtli* a las tunas rojas. *Tzapotnochtli* le decían a unas tunas que, por su forma, se parecían a los zapotes”.

Desde la época de los primeros cronistas se contaba que los mercados mexicanos eran un espectáculo de colorido y un despliegue de sabiduría popular, donde resaltaba la venta de las tunas y pitahayas. En la época de cosecha las mujeres iban al mercado en la mañana con enormes canastas llenas de tunas blancas, coloradas, coloradísimas, carmesí, amarillas, rosadas, anaranjadas, moradas y lilas; las pelaban y se las ofrecían a los compradores ensartadas en espinas de maguey, y esa pulpa húmeda, dulce, brillante y jugosa, decía Fernández de Oviedo: “Torna los labios e las manos e todo los que alcance el zumo dellas mucho más colorado que la tinta de las moras de Castilla e tarda tanto en se quitar aquella color de donde se ha pegado, e aun mucho más que la tinta de las moras”.

Por la escasez de otros alimentos, los pueblos del desierto inventaron maneras de conservar las frutas y con ellas hacían miel, que puede guardarse indefinidamente sin dañarse, hacían también melcochas, queso de tuna y tunas pasas con unas tunas

amarillas que se secaban al sol, en la misma forma que se procesan las uvas, las ciruelas o los higos pasas. En los meses de agosto y septiembre, para celebrar la cosecha preparaban un vino con pulpa de tunas y pitahayas, fermentando el jugo al sol en ollas de barro. Esta bebida, llamada *colonche*, aseguran que es excelente para curar las tisis y otros problemas pulmonares. Con el jugo de tunas y pitahayas coloreaban otros alimentos y hacían tintas para escribir y pintar. Los aztecas comían tunas y pitahayas cada vez que podían para prevenir la deshidratación y librarse de muchas enfermedades nacidas del calor.

En 1572, el médico Francisco Hernández escribía sobre los usos medicinales de los nopales en México: “Las frutas del gratisimo mantenimiento dan mucho gusto a los que se sienten calurosos... especialmente aquellos que tienen mucha cólera y padecen alguna destemplanza cálida... El agua mezclada con pitahayas es admirable remedio contra las fiebres coléricas... Dicen que la raíz de aquella tuna es singular remedio para las llagas. Y son todas las tunas frías en segundo grado y húmidas; sacando los granos que son secos y adstringentes, también las hojas son frías y húmidas y salivosas, por lo cual el zumo sacado por expresión mitiga el calor de las fiebres ardientes, quitan la sed y humedecen los miembros interiores...”.

Los primeros europeos que desembarcaron en el continente americano comprendieron de inmediato la importancia de las opuntias en el complejo mundo cultural prehispánico, así como su relevancia económica. Cuando en 1519 Hernán Cortés llegó al altiplano mexicano, no pudo dejar de notar la presencia del *nopalli* (nombre náhuatl de la planta) por donde quiera que iba, incluso, cuando entró a Tlaxcala le dieron la bienvenida con frutos del nopal (*nochtli*). Él y su gente se atrevieron a comer la fruta. Oviedo y Valdés, primer autor en describir la tuna, utilizando la palabra caribeña tun (fruta o semilla) escribió que sus amigos “conocieron y comieron la fruta con placer” en la Isla Española (actual Haití) en 1515 (Barbera, 1995).

El mismo autor describió en 1535 la morfología de la planta con bastante grado de exactitud. Conforme a su descripción, la planta se desarrollaba en la Española pero también se le podía encontrar en otras islas y en otras áreas de las Indias. Afirmaba que “sus semillas y cáscara son parecidas a las del higo y sabrosas también”. Más tarde otros autores, como Álvaro Núñez Cabeza de Vaca, que en su reporte del viaje que realizó entre 1527 y 1536 en la región sudoeste de lo que ahora son los Estados Unidos, y Toribio de Motolinia, en 1541, mencionan el éxito de la fruta entre la población local y los propios españoles (Barbera, 1995).

Según Flores (1992), del uso del nopal en México ha resultado el desarrollo de tres sistemas de producción (Cuadro 2.1), que actualmente se siguen utilizando.

Cuadro 2.1. Tiempo de utilización, productos obtenidos y superficie actual de los sistemas de producción de nopal en México

<i>Sistemas de producción</i>	<i>Tiempo de utilización</i>	<i>Productos obtenido</i>	<i>Superficie actual (ha)</i>
Nopaleras silvestres	25 000 a. C. a época actual	Forraje Fruta Verdura	3 000 000
Huertos familiares	3 000 a. C. a época actual	Fruta Verdura Forraje	Desconocida
Plantaciones	1945 al año actual	Verdura Fruta Forraje Grana	10 500 72 500 150 000 10

Fuente: Flores (1992).

2.1. Nopaleras silvestres

Desde que el hombre llegó al norte del actual territorio mexicano, probablemente hace 27 000 años, utilizó el nopal (tunas, nopalitas y pencas) para su alimentación.

La evidencia de la antigüedad del hombre en el continente americano se tiene en el llamado hombre de Tepexpan, del que se había reportado una antigüedad de más de 9 000 años, todavía como cazador de mamuts, sin embargo, estudios recientes señalan que los restos encontrados no son de hombre, sino de mujer y que tienen una antigüedad mucho menor. La evidencia del conocimiento y uso del nopal se encuentra en las excavaciones de Tamaulipas y Tehuacán, Puebla, donde se encontraron fosilizadas semillas y cáscaras de tuna, así como fibras de pencas de nopal, con antigüedad de siete mil años.

Actualmente, las nopaleras silvestres están ampliamente distribuidas en las regiones áridas y semiáridas del territorio nacional. De los trece millones de hectáreas de matorral crasicaule que se registran en México (Flores *et al.*, 1971), se considera que existen tres millones de hectáreas de nopaleras, que fundamentalmente se encuentran en el desierto de Sonora (abarcando los estados de Sonora, Baja California, Baja California Sur y norte de Sinaloa, además, parte de California y Arizona, EE.UU.) y el desierto Chihuahuense (que cubre total o parcialmente los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Jalisco, Guanajuato, Querétaro e Hidalgo, además de Nuevo México y Texas en EE.UU.).

Las nopaleras silvestres de estas regiones se utilizan fundamentalmente como fuente de forraje para el ganado ovino, caprino y bovino de carne. Cortado y acarreado a las ciudades, el nopal es también usado en la alimentación de ganado bovino lechero. Otro uso que se le da a estas nopaleras en los estados de San Luis Potosí, Zacatecas, Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes, etc., es la recolección de tuna cardona (*Opuntia streptacantha* Lemaire) para ser comercializada en los pueblos y

ciudades de esta región, donde es consumida en fresco o bien como materia prima en la agroindustria artesanal para producir dulce (queso de tuna), mermelada (melcocha), o la bebida alcohólica conocida como “colonche” (López, 1977).

Las nopaleras silvestres también se usan como fuentes de obtención de nopalito (verdura), principalmente en el área que comprende un radio de 120 km alrededor de la ciudad de San Luis Potosí, donde las pencas tiernas de nopal tapón (*Opuntia robusta* Wendl) son recolectadas, desespinadas y transportadas a las fábricas que las preparan como nopalito en salmuera o escabeche, en la ciudad de San Luis Potosí (Doña María-Herdez, la Costeña y Coronado), fundamentalmente para el mercado de exportación; y en segundo término para el mercado nacional. De esta manera se estima que se procesan en la temporada de 3,000 a 4,000 toneladas de nopalito (Reyes, 1993).

2.2. Huertos familiares

En México este sistema de producción nace junto con la agricultura, que según Mac Neish *et al.* (1970) se inició hace 4 500 años con la domesticación del maíz, frijol, calabaza, chile, amaranto, etc. De éstas el hombre comenzó a seleccionar plantas útiles de su entorno para sembrarlas en la cercanía de su lugar de habitación, de lo que resultó lo que hoy conocemos como huertos familiares.

Actualmente los huertos familiares existen en el medio rural de todo México, pero en los que tienen al nopal como un componente principal se encuentran en la Mesa Central y en la Mesa del Norte. Entre los huertos que presentan una mayor diversidad de variedades son los que se encuentran en los límites entre mesoamérica y la región chichimeca, o sea entre los límites de los pueblos sedentarios y los nómadas al momento de la conquista. Estos huertos se encuentran en Zacatecas, San Luis Potosí, norte de Guanajuato, Jalisco y Aguascalientes.

De los huertos familiares se han obtenido tuna y nopalito para autoconsumo, así como para la venta en los mercados de los pueblos y ciudades, desde la época prehispánica hasta la actualidad. Durante este gran periodo, se produjeron en los huertos, en forma natural, cruza entre especies y variedades, con lo cual se diversificaron los tipos, que se fueron seleccionando, de manera que actualmente las variedades de los huertos familiares son muy superiores (en sabor, tamaño, color, etc.) a las tunas de las nopaleras silvestres.

Con el incremento de la demanda de tuna y nopalito debido al crecimiento de la población y a la mayor capacidad de compra de ésta, los huertos familiares resultaron incapaces para satisfacerla, por lo que se desarrolló el sistema de plantación. Sin embargo, al dejar de concurrir compradores a los pueblos para comprar la tuna y el nopalito de los huertos, además de otras causas, como el crecimiento familiar y la necesidad de destinar espacios para la construcción de vivienda, etc., los productores han procedido a eliminar las plantas del nopal de sus huertos, lo que implica la pérdida de una gran riqueza genética que podría servir como fuente para que los

fitomejoradores desarrollen las nuevas variedades que está exigiendo el mercado, sobre todo el de exportación, por lo que es urgente la búsqueda, rescate y uso de las variedades sobresalientes de los huertos familiares.

2.3. Nopaleras en plantaciones

Debido al crecimiento poblacional, la demanda de tuna y nopalito se incrementó fuertemente alrededor de 1950. En respuesta, los productores comenzaron a seleccionar las mejores variedades de los huertos familiares para pasarlas a las parcelas agrícolas, con lo que se inició el sistema de plantación. Las plantaciones de tuna se iniciaron en los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes y México. En esa época las universidades comenzaron a interesarse en el cultivo del nopal y desarrollaron variedades y sistemas de cultivo.

El desarrollo histórico, descrito a grandes rasgos, implica que en México se dispone de una gran cantidad de variedades de nopal especializadas en fruta (tuna), en verdura (nopalito), o en forraje (pencas) y en producción de colorante (cochinilla para grana); además, existe un gran conocimiento en usos del nopal, en tanto que es limitado en el cultivo de tuna en plantaciones (en México sólo se tienen 50 años de experiencia, mientras que en Italia, por ejemplo, se cultiva desde hace más de cien años), por lo que en algunos aspectos (fertilización, riego, podas, aclareo de frutos, forzamiento de la producción, etc.), otros países llevan la delantera, por tener más tiempo manejando el nopal en plantaciones.

3. MANEJO TÉCNICO DEL CULTIVO

En este capítulo se describen las actividades que se realizan para la producción de tuna, recalcando en las prácticas más convencionales para lograr una producción eficiente, en el entendido de que el principal problema de la producción de tuna en México es la mala atención a las plantaciones, debido a que casi la totalidad de los productores (chicos, medianos y grandes) cultivan superficies mayores de las que pueden atender adecuadamente.

3.1. Selección del terreno

En la selección del terreno donde se realizará la plantación se debe considerar la facilidad de acceso a carretera o brecha revestida en buen estado; además, es fundamental tener en cuenta clima y suelo apropiados.

3.1.1. El clima

El nopal se puede encontrar en todos los estados del territorio nacional, en gran diversidad de climas, desde los tropicales a los áridos, pasando por los templados; sin embargo, las variedades de nopal productoras de tuna no desarrollan bien en todos los

climas, sino en los templados subhúmedos (Cw) y en los semiáridos (BS). Del clima son dos los principales componentes a considerar: precipitación y temperatura.

3.1.1.1. Precipitación

En México, las plantaciones de nopal tunero se encuentran en lugares con precipitaciones promedio anuales de 400 a 500 mm, como en San Luis Potosí, Zacatecas, Aguascalientes y Guanajuato; de 500 a 600 mm, en Jalisco, Guanajuato, Hidalgo y estado de México, y de 600 a 800 mm, en Puebla. En otros países, como Estados Unidos, Italia, Israel y Sudáfrica, los productores de nopal tunero proporcionan una lámina de agua anual de 800 a 1 000 mm, es decir, complementan la precipitación con riego.

3.1.1.2. Temperatura

Algunos tipos de nopal resisten temperaturas de hasta 50°C en verano y de -15°C en invierno; sin embargo, las variedades tuneras desarrollan mejor con temperaturas máximas menores a 35°C, y temperaturas bajo cero (heladas) sólo por periodos cortos, pues son muy susceptibles a temperaturas bajo cero por periodos prolongados (2 o 3 días seguidos), como sucedió en Zacatecas en diciembre de 1997. Temperaturas bajo cero durante varios días son comunes durante el invierno en algunas regiones de Sonora, Chihuahua, Coahuila y Nuevo León, y en estas condiciones las plantas de nopal de las variedades tuneras se hielan completamente.

También algunos investigadores han mencionado (Alfonso Muratalla, comunicación personal) que las variedades de nopal tunero requieren de un diferencial de temperatura entre el día y la noche mayor de 20°C y que en lugares semitropicales como Iguala y Chilpancingo, Guerrero, donde las noches son cálidas, las variedades de nopal tunero no fructifican adecuadamente.

3.2. Preparación del terreno

Esta actividad tiene el objetivo de dejar el suelo “suelto” para posibilitar un desarrollo radicular óptimo. Se recomienda pasar el arado y cruzar, pasar rastra y cruzar, para lograr un suelo “mullido”. Si el terreno lo requiere, por presentar una capa endurecida (tepetate, caliche o piso de arado), es conveniente pasar una arado de subsuelo.

3.3. Trazado y densidad de la plantación

3.3.1. Trazo de la plantación

Para esta labor, generalmente se utiliza cinta métrica, cordel, estacas y una lata con cal. De ser posible conviene trazar los surcos a nivel, es decir, perpendiculares a la pendiente, lo que facilita realizar las labores agrícolas con maquinaria, ayuda a disminuir la erosión y favorece la infiltración del agua de lluvia.

3.3.2. Densidad de plantación

En los estados de Puebla y México es común encontrar plantaciones de nopal tunero con distancias de 4 m entre plantas e hileras, esto es, con densidad de 625 plantas por hectárea, lo que impide la utilización de maquinaria para realizar las labores agrícolas. En la región centro norte son comunes las plantaciones con 5 y 6 m entre hileras y de 4 a 5 m entre plantas (de 500 a 333 plantas por hectáreas). Es recomendable utilizar distancias de 5 a 6 m entre hileras (a mayor fertilidad del suelo, conviene utilizar 6 m entre hileras y en terrenos pobres con 5 m es suficiente) y de 2.5 a 3 m entre plantas (de 800 a 555 plantas por hectárea), de manera que se formen "setos" con las plantaciones de nopal, los cuales sólo se "trabajarán" por uno y otro lado (calles).

3.4. Variedades

Las principales variedades de nopal tunero y las entidades donde se cultivan aparecen en el Cuadro 3.1.

Las principales variedades de nopal tunero presentan varias desventajas (Cuadro 3.2): una es que dominan las variedades de pulpa y cáscara blanca, siendo que el mercado internacional demanda tunas de color (rojas, moradas, anaranjadas, amarillas, rosas, etc.); otra desventaja es que casi todas las variedades presentan pencas con espinas, lo que impide cosechar la tuna con botón (con una fracción de penca adherida a cada tuna, con lo que se prolonga la vida poscosecha del fruto), además de todas las dificultades que conlleva realizar labores (plantación, poda, sacado de poda, combate de plagas y enfermedades, aclareo, forzamiento de la fructificación y cosecha) cuando se tienen variedades de pencas con espinas. Por ello, es urgente desarrollar cultivares de pencas sin espinas y tunas de colores, con buena calidad (Cuadro 3.3).

Cuadro 3.1. Principales variedades de nopal tunero en México y entidades donde se cultivan

<i>Variedad</i>	<i>Entidades en donde se cultivan</i>
Villanueva	Puebla
Alfajayucan	Estado de México, Hidalgo
Roja Pirámides	Estado de México
Reina	Guanajuato
Esmeralda	Guanajuato
Roja liso	Guanajuato, Zacatecas
Burrona	Zacatecas, Jalisco, San Luis Potosí
Cristalina	Zacatecas, Jalisco, San Luis Potosí, Aguascalientes, Puebla
Picochulo	Zacatecas, Jalisco
Amarillo Montesa	Zacatecas, Aguascalientes
Torreaja	Jalisco, Zacatecas, San Luis Potosí
Fafayuco	Jalisco, Zacatecas
Gavia	San Luis Potosí, Nuevo León
Miquihuana	Tamaulipas, San Luis Potosí

Fuente: Flores *et al.* (1995).

Cuadro 3.2. Características de las principales variedades de nopal tunero en México

Variedad	Color		Pencas	
	Cáscara	Pulpa	Con espinas	Sin espinas
Villanueva	Blanca	Blanca	X	
Alfajayucan	Blanca	Blanca	X	
Roja Pirámides	Morada	Roja	X	
Burrona	Blanca	Blanca	X	
Cristalina	Blanca	Blanca	X	
Reina	Blanca	Blanca	X	
Esmeralda	Blanca	Blanca	X	
Roja liso	Roja	Roja		X
Torreaja	Roja	Roja	X	
Amarillo montesa	Amarilla	Amarilla	X	
Picochulo	Amarilla	Anaranjada	X	
Chapeada	Rosa	Blanca	X	
Fafayuco	Blanca	Blanca	X	
Blanca San José	Blanca	Blanca	X	
Rojito Lirio	Roja	Roja	X	
Gavia	Blanca	Blanca	X	
Miquihuana	Amarilla	Amarilla	X	
Cardón * (<i>Opuntia streptacantha</i> Lemaire)	Roja	Roja	X	

* Nopal silvestre.

Fuente: Elaborado por el autor.

Cuadro 3.3. Variedades de nopal tunero sin espinas con potencial de producción en México

Variedad	Color		Pencas	
	Cáscara	Pulpa	Con espinas	Sin espinas
Rojito pelón	Roja	Roja		X
Rojito vigor	Roja	Roja		X
Rojito liso	Roja	Roja		X
Copena CEII	Roja	Morada		X
Liso forrajero	Roja	Roja		X
Solferino	Anaranjada	Solferino		X
Amarillo milpa alta	Amarilla	Amarilla		X
Rojito 3589	Roja	Roja		X
Amarillo 2289	Amarilla	Amarilla		X
Copena V1	Blanca	Morada		X
Copena F1	Blanca	Blanca		X
Copena sin espinas	Blanca	Blanca		X
Tovarito	Amarilla	Anaranjada		X
Atlixco	Amarilla	Amarilla		X
Celaya blanca	Blanca	Blanca		X
Celaya roja	Roja	Roja		X

Fuente: Elaborado por el autor.

De las variedades de tuna sólo la Alfajayucan se identifica como *Opuntia amyclaea* Tenore y de las variedades de nopalito sólo se identifican Milpa Alta, *Opuntia ficus-indica* L., y Tamazunchale, *Nopalea cochellinifera* L., todas las demás se manejan como *Opuntia sp* por ser resultado del cruzamiento efectuado por insectos

y la selección realizada por los productores durante muchos años, de manera que estas variedades (híbridos) tienen poco parecido a las especies silvestres descritas por Helia Bravo (1978) de las cuales se originaron. En este sentido, es urgente describirlas (incluyendo la huella genética) de manera que se evite que sean registradas por particulares en otro país y luego se tengan que pagar regalías, como en el caso del frijol azufrado.

3.5. Plantación

Para el establecimiento de la plantación el primer paso es seleccionar el material (las pencas, raquetas o cladodios) a utilizar. Las pencas deben estar “sanas”, sin daños de plagas o enfermedades, ser vigorosas (pencas grandes), según la variedad, y estar bien formadas, de acuerdo con la forma típica de la variedad seleccionada.

La mayoría de los productores utilizan una penca para plantar, algunos prefieren plantar pencas con una o dos “orejas” (pencas), con lo que logran un desarrollo más rápido de la plantación; el principal problema consiste en que se dificulta el manejo de dos o tres pencas unidas, sobre todo si la variedad seleccionada es espinosa.

En México se utilizan dos métodos de plantación: en el primero se entierra la penca hasta la mitad o dos tercios de su longitud, de preferencia con las caras orientadas al este y oeste, para lograr un mejor desarrollo radicular y menor daño por quemaduras de sol, que se presentan en algunas variedades cuando se planta con las caras al norte y sur, debido a que al mediodía los rayos solares inciden directamente en una de las caras. En el segundo método se hace el surco a nivel y las pencas se colocan “acostadas” con una cara sobre el surco. Los productores de Zacatecas y Jalisco consideran que de esta forma logran que la planta desarrolle más ramas y sea de menor altura. En ambos métodos conviene hacer bordos a nivel y plantar a la mitad o dos tercios de altura del bordo.

En Sicilia, Italia, algunos productores, para formar el seto, plantan el nopal en bandas con calles de 7 m, colocando en las bandas, cada tres metros, tres o cuatro pencas en círculos de 0.70 a 1.00 m de diámetro.

En Perú, algunos productores plantan las pencas de nopal inclinándolas a 45° del eje longitudinal con respecto al suelo y enterrando media penca.

En México se ha sugerido enterrar la penca en el surco hasta la mitad o dos tercios y después que haya desarrollado dos o tres pencas aterrar formando un bordo, de manera que estas dos o tres pencas hijas queden aterradas hasta la mitad y también desarrollen raíces, lo que en teoría daría una planta más vigorosa.

3.6. Fertilización y abonado

3.6.1. Fertilización

Fernández y Mondragón (1998) señalan que al aplicar fertilizantes se busca tener plantas fuertes y vigorosas que produzcan altos rendimientos de tuna de buena

calidad, además de una brotación adecuada de pencas, mayor vida productiva del nopal y que se reduzca la alternancia en la producción (un año de buena producción y otro con poca producción).

Para la región centro-norte de México, con base en las recomendaciones de Mondragón y Pimienta-Barrios (1990), se calcularon las dosis de fertilización que se indican en el Cuadro 3.4.

Cuadro 3.4. Fertilizantes para nopal tunero en la región centro-norte

Fertilizante	Plantas jóvenes menores de 5 años		Plantas adultas mayores de 5 años	
	g/planta	kg/ha	g/planta	kg/ha
<i>Nitrogenados (sólo uno de los tres)</i>				
Sulfato de Amonio	180	99.0	360	198.0
Urea	80	44.0	160	88.0
Nitrato de Amonio	110	60.5	220	121.0
<i>Fosforados (sólo uno de los dos)</i>				
Superfosfato de Ca Simple	180	99.0	180	99.0
Superfosfato de Ca Triple	80	44.0	80	44.0
<i>Potasio</i>				
Cloruro de Potasio	60	33.0	60	33.0
<i>Fórmula (con base en 550 plantas/ha: 6 x 3 m)</i>	20-20-17		40-40-17	

Fuente: Calculado por el autor con base en Fernández y Mondragón (1998).

En la región de las pirámides del estado de México, los productores utilizan triple 17 (500 g por planta) y urea (150 g por planta), de lo que resulta la fórmula 95-53-53, calculada considerando 625 plantas por hectárea (4 x 4 m) (Castellanos *et al.*, 1999).

En Puebla, a los productores de San Sebastián Villanueva, municipio de Acatzingo, se les recomienda (Martínez, 1993) aplicar la fórmula 100-50-00 en las huertas de nopal tunero en producción, que implica aplicar 350 g/planta de urea y 175 g/planta de superfosfato de calcio triple.

3.6.2. Abonado

El nopal tunero (incluso el de verdura) responde excelentemente al abonado; sin embargo, se debe considerar que usar el abono como fuente de nitrógeno, fósforo y potasio resulta generalmente caro, debido a su pobre contenido de estos elementos y al alto costo que implica comprar, acarrear y aplicarlo, no obstante, se deben considerar las ventajas de abonar, como son: la adición de microelementos al suelo, mejoramiento de la aeración y de la retención de humedad en el suelo, así como la mejora de la microflora y microfauna del suelo, etcétera.

Para la región centro-norte (norte de Guanajuato) se recomienda (Fernández, 1995) aplicar en plantas jóvenes 5.5 kg de gallinaza u 8.25 kg de estiércol de vaca o de borrego, y en plantas adultas 11 kg de gallinaza o 16.5 kg de estiércol de bovino, ovino o caprino, lo que equivale a 3 t/ha de gallinaza y 4.5 t/ha de estiércol de bovino

en plantaciones jóvenes y a 6 t/ha de gallinaza y 9 t/ha de estiércol de bovino en plantaciones adultas de más de 5 años.

Para el estado de México, en la región de las Pirámides se recomienda (Gobierno del estado de México, 1990) los siguientes niveles de abono (Cuadro 3.5).

Cuadro 3.5. Dosis recomendadas de materia orgánica (abono) en plantaciones de nopal tunero

Año	Vacuno, ovino o caprino		Gallinaza o pollinaza	
	kg/planta	t/ha	kg/planta	t/ha
1º	3	1.87	1	0.62
2º	5	3.12	2	1.25
3º	5	3.12	2	1.25
4º	8	5.00	3	1.87
5º	10	6.25	4	2.50
A partir del 6º	15	9.37	6	3.75

Fuente: Gobierno del estado de México (1990).

Para el estado de Puebla (Martínez, 1993) recomienda aplicar cada tercer año 4.8 kg de abono de bovino por planta, que equivalen a 3 t/ha.

3.6.3. Cómo fertilizar y abonar

Para que las plantas de nopal aprovechen el fertilizante y el abono, es muy importante realizar las siguientes actividades (Fernández y Mondragón, 1998):

- Eliminar la maleza alrededor de la planta de nopal, para que no compita por los nutrimentos.
- Mezclar muy bien los fertilizantes químicos.
- Distribuir la mezcla de los fertilizantes químicos en toda la zona de goteo o aplicar en banda a ambos lados de la planta.
- Aplicar el abono orgánico encima del fertilizante químico.
- Cubrir con tierra los fertilizantes y abonos aplicados.

Una manera eficiente de abonar desarrollada por el ingeniero Fausto González, productor de San Diego de la Unión, Guanajuato, es aplicar un año en las calles pares y otro año en las nones, utilizando un tractor grande que en la barra de tiro lleve un arado de doble vertedera (mariposa) y también jale un remolque cargado con gallinaza; el remolque con un orificio al que se inserta un tubo que deposita el abono en el surco dejado por el arado y al extremo posterior del remolque adaptar un riel, que vaya tapando con tierra el abono depositado. Así, mecánicamente y con tres trabajadores (un tractorista y dos peones en el remolque) se pueden abonar (y tapar) entre 6 y 8 ha por jornada.

3.6.4. Cuándo fertilizar y abonar

Se debe aplicar el fertilizante y el abono al principio de la temporada de lluvias; aunque en el caso de fertilizante es mejor aplicar la mitad del nitrógeno al inicio, y el resto a mediados de la temporada de lluvias.

3.7. Podas

Aunque algunos productores de EE.UU. y de Italia dejan crecer libremente las plantas de nopal, lo que los obliga a cosechar con escaleras, en general se considera que las podas son convenientes para darle un adecuado tamaño y forma a la planta de nopal, para facilitar el manejo y la cosecha, reducir el ataque de plagas y enfermedades y obtener una mayor producción de fruta de buena calidad, al eliminar pencas enfermas o improductivas que sólo están consumiendo nutrientes.

Fernández y Mondragón (1998), respecto a la poda del nopal, dan respuesta a las siguientes interrogantes: ¿para qué, cuándo y cómo podar?

¿Para qué podar?

- Para obtener altos rendimientos y fruta de buena calidad.
- Recuperar plantas viejas, con la brotación de pencas nuevas y sanas.
- Mantener las plantas en producción durante mayor tiempo.
- Facilitar el paso de maquinaria para realizar las labores agrícolas (rastreos, deshierbes, combate de plagas o enfermedades, fertilización, abonado, retiro del material podado, etcétera).
- Facilitar la cosecha.
- Dar mejor forma a las plantas de nopal en cuanto a lo ancho (que no invada las calles) y a lo alto (que facilite la cosecha).
- Eliminar pencas encimadas o rastreras.
- Disminuir la incidencia de plagas y enfermedades, evitando las pencas excesivamente sombreadas, con lo que se reduce el uso de pesticidas.

¿Cuándo podar?

- En invierno (de diciembre a febrero) para encausar el tamaño y forma deseada a la planta.
- Durante todo el año, para eliminar pencas enfermas o con plaga.

¿Cómo podar?

- Los cortes deben realizarse con cuchillo, machete o “gallinita”, siempre bien afilados, en la unión entre pencas, porque facilita la cicatrización y reduce la posibilidad de daños por plagas y enfermedades.

- Es conveniente desinfectar la herramienta de poda utilizada, sumergiéndola en una solución con cloro y agua después de podar cada planta, para evitar la transmisión de enfermedades, como el engrosamiento o achaparramiento.
- El material podado se debe sacar de la plantación para evitar que enraice o que se convierta en un foco de infección de enfermedades y de proliferación de plagas. Algunos productores de Puebla colocan este material en el área de goteo y trozan o pinchan con pala recta las pencas, cubriéndolas con suelo, para que se pudran; ellos consideran que así aportan humedad a las plantas en plena seca. En el estado de México, algunos productores muelen mecánicamente las pencas podadas y la masa resultante la incorporan al suelo en el área de goteo, con los mismos fines *que los productores de Puebla*.

3.8. Combate de plagas y enfermedades

México, por ser el centro de origen de las variedades de nopal que se usan en el mundo para producir tuna, nopalito y forraje, presenta la mayor diversidad de plagas y enfermedades, además, casi cada año los productores de diferentes regiones reportan nuevas plagas y enfermedades.

En el Programa Nopal del CIESTAAM-UACH participan tres investigadores sobre plagas y enfermedades del nopal, dos de la Universidad Autónoma Chapingo y uno del Colegio de Postgraduados; de la primera participan el Dr. Víctor Manuel Pinto, que esporádicamente colabora impartiendo conferencias a productores sobre plagas de nopal, y la M.C. Ma. de Lourdes Rodríguez Mejía, que realiza investigación y asesora tesis sobre enfermedades del nopal. Del Colegio de Postgraduados participa el Dr. Leopoldo Fucikovski, que investiga y publica dos o tres trabajos cada año sobre plagas del nopal; sin embargo, los mayores avances en este tema corresponden a alumnos del Departamento de Parasitología de la UACH, que como servicio social han realizado revisiones y actualizaciones sobre las plagas y enfermedades del nopal en México (Hernández, 1993; Villanueva, 1995, y Gijón, 1998).

En el Cuadro 3.6 aparece un listado de las principales plagas del nopal en México, y otro de enfermedades en el Cuadro 3.7.

Cuadro 3.6. Nombre de la plaga y nombre científico del agente causal

<i>Nombre común</i>	<i>Nombre científico</i>
Picudo barrenador	<i>Cactophagus spinolae</i> Gyll
Picudo de las espinas	<i>Cylindrocopturus birradiatus</i> Champ
Barrenador del nopal	<i>Lanifera cyclades</i> Druce
Gusano cebra	<i>Olycella nephelepsa</i> Dyar
Chinche gris	<i>Chelinidae tabulata</i> Burm
Chinche roja	<i>Hesperolabops gelastops</i> Kirk
Mosca del nopal	<i>Dasiops bennetti</i> Mc. Alpine
Barrenador del tronco	<i>Moneilema variolare</i> TOM
Cochinilla o grana	<i>Dactylopius indicus</i> Green
Trips del nopal	<i>Sericotrips opuntiae</i> Hood
Gusano de alambre	<i>Melanotus</i> sp
Mayate verde del fruto	<i>Cotinis nitida</i> Lin
Gallina ciega	<i>Phyllophaga</i> spp
Chinche del fruto	<i>Narnia femorata</i> Stal
Escama del nopal	<i>Diaspis echinocacti</i> Bouché
Perforador del fruto	<i>Asphondylla opuntiae</i> Felt
Araña roja	<i>Tetranychus</i> sp
Caracol	<i>Helix asparsa</i> Müller
Minador del nopal	<i>O. Lepidóptera, F. Gelechiidae</i>
Escama del cactus	<i>Opuntiaspis philococcus</i> Cock
Rata nopalera	<i>Neotoma</i> spp
Tuza	<i>Pappogeomys</i> sp
Chapulín	
Mosca cobage	

Fuente: Hernández (1993).

Cuadro 3.7. Nombre de la enfermedad y nombre científico del agente causal

<i>Nombre común</i>	<i>Nombre científico</i>
Pudrición negra	<i>Macrophomina</i> sp
Mancha de oro	<i>Alternaria</i> sp. <i>Ascochita</i> sp
Lesiones causadas por:	<i>Phyllosticta cóncava</i>
Una enfermedad causada por:	<i>Fusarium solani</i> y <i>Fosarium oxysporum</i>
Gomosis	<i>Dothiorella ribis</i>
Necrosis bacteriana	<i>Erwinia</i> sp
Antaracnosis de la penca y del fruto	<i>Colletotrichum gloesporoides</i>
Negrilla o fumagina	<i>Capnodium</i> sp
Pudrición de la epidermis	<i>Poma</i> sp
Mancha o secamiento de la penca	<i>Alternaria</i> sp
Mancha bacteriana	<i>Bacteriem</i> sp
Agalla del nopal	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>
Engrosamiento de cladodios	<i>Virus o microplasmas</i>
Pudrición blanda de los cladodios	<i>Pythium</i> sp
Mancha café	
La carcoma del nopal	
Envejecimiento y daño fisiológico	

Fuente: Hernández (1993), Villanueva (1995) y Gijón (1998).

3.9. Prácticas culturales y control de malezas

En Italia y EE.UU. el paso de rastra por las calles de los huertos de nopal se realiza de 6 a 8 veces al año, por lo que las huertas se mantienen con el suelo "suelto" y libre de malezas todo el año.

En México se dan dos situaciones: algunos productores nunca pasan la rastra porque tienen las huertas plantadas a 4 x 4 m, como en Puebla y el estado de México, lo que imposibilita pasar un tractor equipado por las calles de la huerta, por lo que cuando combaten malezas lo hacen con azadón o herbicidas; igualmente, otros productores nunca pasan una rastra, a pesar de tener las hileras separadas a 5 o 6 m, porque creen que no es conveniente, pues consideran que siendo las raíces del nopal muy superficiales las rompe la rastra al pasar. También existe un grupo de productores que al año pasan una o dos veces la rastra por las calles de sus huertas para abatir las malezas y facilitar la infiltración del agua de lluvia en el suelo.

Para combatir la maleza los productores de tuna en México utilizan tres métodos: el mecánico, que consiste en pasar un tractor con rastra por las calles y con azadón eliminar la maleza de las hileras de nopal; el segundo método es el químico, en el cual la maleza se combate mediante la utilización de herbicidas, de los cuales el más usado en las huertas de nopal es el Faena (glifosfato), que es bastante efectivo, de contacto y se inhibe en el suelo (se debe procurar, al aplicarlo, evitar rociarlo directamente sobre las plantas de nopal); cuando el problema es de gramíneas se utiliza un graminicida, como Poaxt o Fusilade; el tercer método consiste en la utilización de ganado, de preferencia ovinos, que al terminar la cosecha de tuna pastorean la huerta y consumen la maleza; esta práctica se facilita en México en donde casi todas las huertas de nopal tunero tienen variedades con espinas, por lo que el daño a las plantas de nopal por pastoreo es mínimo.

Combatir la maleza es fundamental para que no compita por agua y nutrientes con las plantas de nopal y además para evitar que la maleza desarrolle, se seque y se convierta en combustible que posibilite el incendio de la huerta, con resultados desastrosos, como lo veremos en el apartado siguiente.

3.10. Daños por factores ambientales

En las plantaciones de nopal tunero son comunes los daños por sequía, heladas, granizadas y fuego.

3.10.1. Daños por sequía

Cuando las lluvias han sido escasas, en el siguiente periodo de secas (noviembre a junio) las pencas jóvenes del nopal se enjutan y doblan y la producción de fruta del siguiente ciclo disminuye, lo cual se evita con el riego. Para el caso de que no se disponga de riego, como sucede en casi la totalidad de las plantaciones de nopal tunero en México, que son de temporal, existen otras maneras de paliar los efectos de la sequía: una son las prácticas mecánicas para conservación de suelo y agua, que van

desde terrazas, zanjas-bordos a nivel, microcuencas, etc., todas con el objetivo de evitar que el agua que precipita en la huerta de nopal salga de la misma; otra práctica es la incorporación de abono de origen animal, compostas y toda la maleza al suelo de las calles de las huertas, para favorecer la infiltración y retención del agua, y otras más es la “cosecha” de agua de lluvia, que consiste en construir zanjas-bordos en las laderas de los cerros para captar el agua de las lluvias que escurre y mediante canales conducirla a los bajíos, donde se encuentran las huertas de nopal tunero, para lo cual se requiere que el productor distribuya el agua al momento de caer la tormenta.

3.10.2. Daños por heladas

En las huertas de nopal del valle de México, del estado de Hidalgo y de la región centro-norte, casi todos los años se presentan heladas tardías (marzo y abril) que “quemán” los brotes vegetativos y frutales, y provocan una segunda brotación (en ocasiones una tercera). Las variedades tuneras soportan las heladas que generalmente se presentan durante los meses de diciembre a febrero (en ocasiones desde octubre), afectando sólo a las pencas tiernas, sin embargo, estas variedades no soportan temperaturas bajo cero durante varios días, como se presentó en la región centro-norte alrededor del 12 de diciembre de 1998, que “quemo” las pencas macizas o adultas, y en algunas huertas toda la planta.

Este tipo de heladas ocurre todos los años en parte del estado de Nuevo León, casi todo Coahuila y Chihuahua, y buena parte de Sonora; por eso, en estos estados no se desarrolla la producción tunera, en cambio, existen nopales de uso forrajero que resisten estas condiciones, esto es, en lugares donde amanece con temperaturas de entre -10 y -15°C , y luego, a mediodía, suben a -4 o -5°C y por la tarde vuelven a disminuir, situación que se presenta en uno o más días (2, 3) seguidos. Una manera de evitar el daño por frío es mediante cubiertas plásticas, muy usadas en México para la producción de nopalito, pero no en el nopal tunero. Una segunda manera es mediante calentones de petróleo o de gas (o quemando llantas) y ventiladores, que son muy usados en las huertas de manzana (en los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango) y otros frutales de alto valor, pero que no se han usado en la producción de tuna.

3.10.3. Daños por granizadas

Todos los años ocurren granizadas en diferentes predios de las zonas tuneras de México, que generalmente afectan menos del 5% de la superficie tunera. Las granizadas ocurren casi siempre con las primeras tormentas de la temporada de lluvias, en abril, mayo y junio, afectando a las pencas, sobre todo a la tuna en formación, que al ser golpeada por el granizo sufre daños en la epidermis, demeritando la fruta, por lo que se comercializa con categoría de tercera (para ser comercializada sin cáscara en bolsas de plástico).

La manera de evitar los daños por granizadas es colocando mallas antigranizo, sin embargo, debido a su alto costo, en México sólo se usan en huertas de manzana. Otra práctica que se usa es el lanzamiento de cohetes en el momento en que las nubes están desarrollándose; en muchos pueblos del centro de México ésta es una práctica común, pero presenta resultados dudosos.

3.10.4. Daño por fuego

Cuando los productores no combaten adecuadamente la maleza en las huertas ésta se desarrolla, y al secarse se puede constituir en un excelente combustible, si por accidente o mala intención la maleza se incendia, de lo cual puede resultar severamente dañadas las plantas de nopal y, en consecuencia, disminuir la producción de tuna por dos o tres años, aunque en ocasiones la pérdida de la huerta puede ser total. La manera de evitar los incendios es impidiendo que la maleza se desarrolle en las huertas de nopal, además de mantener brechas cortafuegos alrededor de la huerta y, si ésta es grande, en medio de la misma.

3.11. Riegos

En EE.UU., Italia, Israel, Sudáfrica, y parcialmente en Chile y Perú las plantaciones intensivas de nopal tunero cuentan con riego. Los métodos de riego utilizados son goteo y aspersión.

En Sicilia, Italia, se aplican de uno a cuatro riegos por ciclo, dependiendo de la disponibilidad de agua, de las características del suelo y del clima de la región. El primer riego se aplica inmediatamente después de la práctica de forzamiento de la fructificación (*scozzolatura*) para favorecer la floración que se deriva de esta práctica. Los riegos posteriores se aplican a intervalos de 30 días. Los resultados en el tamaño de las tunas son notables: con un riego el tamaño se incrementa alrededor del 50% y con dos, duplican su tamaño, respecto al testigo, sin riego (Barbera, 1984). Con sistemas de goteo o microaspersión se considera que en Sicilia se aplican al año de 600 a 1,000 m³ por hectárea, es decir, lámina de riego anual de 60 a 100 mm, aplicándolo en bandas de 40 a 50 cm de ancho, lo que puede presentar el problema de reducir demasiado el aparato radical de las plantas y provocar problemas de anclaje de las mismas (Barbera e Inglese, 1993).

En Chile se aplican de tres a cinco riegos por ciclo en las nopaleras tecnificadas (Acevedo *et al.*, 1983). En Sudáfrica, para obtener de 7 a 15 t/ha de tuna comercial, aplican de uno a tres riegos en zonas con menos de 450 mm de precipitación (Potgieter, 1996) y en lugares con 600 mm o más no se aplica riego (Brutsh, 1992).

En Salinas, California, EE.UU., en las nopaleras excelentemente manejadas de la empresa D'Arrigo se utilizan sistemas de riego por goteo y aspersión y se aplica una lámina anual de 500 mm, que sumados a los 600 mm de precipitación nos dan 1,100 de lámina total anual, lo que aunado a una fertilización adecuada se producen de 20 a 25 toneladas de tuna por hectárea por año.

En Perú, para los huertos de nopal tunero se recomienda (Conafrut-INIA, 1998) aplicar de 2 a 3 riegos en el verano, cada uno de 60 a 100 mm de lámina en lugares con 300 mm de lluvia en el verano, pues se considera que en sitios con 500 - 600 mm, o más, el nopal tunero produce adecuadamente sin necesidad de riego.

En México casi el 100% de las huertas de nopal tunero son de temporal, a diferencia de las de producción de nopalito, que en muchas de ellas se aplica riego.

3.12. Aclareo de frutos

El aclareo o eliminación parcial de frutos es una práctica que se realiza en las plantaciones de tuna de Italia, Israel, Africa del Sur, Chile, Argentina y EE.UU. con la finalidad de obtener fruta de mayor tamaño y con mayor porcentaje de pulpa en relación con la semilla.

El aclareo de frutos se realiza manualmente, utilizando guantes o un pequeño bastón y, cuidando de no dañar las pencas. Conviene realizar esta práctica en las primeras fases de desarrollo del fruto, a los 15 o 20 días de la brotación, dejando de 5 a 8 frutos por penca (Barbera e Inglese, 1993).

En México son muy pocos los productores que realizan esta práctica, por lo que en muchas ocasiones las pencas producen un excesivo número de tunas, pero con escaso desarrollo, por lo que su peso es inferior a los 100 g.

3.13. Forzamiento de la fructificación

Esta práctica consiste en la eliminación total de la brotación floral y vegetativa primaveral, con la finalidad de lograr una segunda floración que resulte en una maduración tardía, lo que permite obtener mejores precios por la tuna.

En el nopal tunero esta práctica se inició en Sicilia, Italia (Barbera, 1991, 1997), y es comúnmente practicada en Israel (Nerd *et al.*, 1991) y EE.UU.; se han realizado pruebas de forzamiento en Chile, Argentina (Ochoa, 1995) y África del Sur (Brutsh, 1992) pero en estos países la tuna madura en el verano austral (diciembre a marzo), por lo que están en posibilidades de exportar tuna a los países del hemisferio norte, con mínima competencia.

Como en el caso del aclareo, la eliminación de los brotes se realiza manualmente, utilizando guantes o un palo de un metro de largo, con o sin cuchilla, cuidando de no dañar la penca para no perjudicar la nueva brotación; esta práctica también conviene realizarla temprano por la mañana, cuando la humedad limita el desprendimiento de los aguates, además, conviene realizarla utilizando guantes, lentes y camisa o chamarra gruesa (Barbera e Inglese, 1993).

El resultado del forzamiento de la producción, además de atrasar la maduración es que se obtiene menor cantidad de frutos, pero de mayor tamaño y con una mejor relación pulpa-semilla.

En México son contados los productores que realizan esta práctica, a pesar de los resultados obtenidos en las investigaciones realizadas sobre esta temática, que la favorecen (Fernández, 1997; Ibarra, 1998 y Ávila, 2001).

Para obtener buenos resultados en el forzamiento de la fructificación se debe tener en cuenta particularmente lo siguiente:

- Las huertas deben estar bien manejadas (podadas, deshierbadas, abonadas, fertilizadas, libres de plagas y enfermedades, etc.) lo cual favorece una buena segunda brotación.
- No todas las variedades responden a esta práctica, como lo hacen las variedades de *Opuntia ficus-indica* utilizadas para producir tuna en Italia, Israel, África del Sur, Chile y EE.UU.
- En México son casi inexistentes las huertas con riego, lo cual es desfavorable para extender la aplicación de esta práctica, por ser el riego uno de los principales factores que garantizan una buena segunda brotación al hacer el forzamiento.

3.14. Obtención de tuna sin semilla

La tuna es una fruta que presenta tres desventajas para su comercialización:

1. Presencia de aguates. Los aguates “glóquidas”, son bastante molestos si se incrustan en la piel de las manos, en la boca y sobre todo en los ojos, por lo que se requiere que el desespinado de la tuna sea lo más perfecto posible y así se eviten casos extremos, como han sido las demandas de consumidores europeos o norteamericanos por haberseles incrustado aguates en la lengua o el paladar.
2. Cáscara no comestible. La tuna presenta un alto porcentaje de cáscara y esto dificulta su aceptación en países europeos, donde la recolección de basura se realiza una vez por semana, pues prefieren frutas con menor porcentaje de desechos o que éstos sean más estables, como los huesos de durazno, ciruela y cereza.
3. Presencia de semillas. La tuna presenta semilla dentro de la porción comestible (la pulpa) y este es el principal limitante para la expansión del mercado internacional, pues los nuevos consumidores, al comer la tuna intentan con la lengua separar la semillas de la pulpa, lo que es imposible, y dado a que no están acostumbrados a consumir fruta con la cantidad y el tamaño de las semillas que tiene la tuna, la rechazan; al igual que en la sandía, la uva, la naranja y el limón, en la tuna se ha buscado la obtención de la fruta sin semilla.

Para obtener tuna sin semilla existen tres métodos:

1. Se parte de variedades sin semilla, que generalmente no son tuneras, como en el caso de la uva (Thomson seedless y otras), y mediante mejoramiento genético, por cruzamientos con variedades tuneras, se busca obtener la tuna sin semilla. El Dr. Jorge Rodríguez Alcázar, en el Colegio de Postgraduados, Montecillos,

Texcoco, estado de México, trabaja en el cruzamiento de materiales que casi no presentan semillas con las variedades comerciales de tuna, que es un proceso que lleva años y en el que no se puede garantizar el éxito, pero de lograrse sería la mejor opción, pues se tendrían variedades estables.

2. Tuna transgénica. Se ha localizado un gen denominado Killer seed (asesino de semillas) que si se implantara en las variedades de tuna comerciales producirían tuna sin semilla.
3. Producción de tuna sin semilla mediante la aplicación de hormonas. Este método es el método que presenta los mayores avances en México. En los años setenta, el Dr. Facundo Barrientos Pérez realizó, en Chapingo, los primeros trabajos, que continuó el Dr. Jorge Rodríguez Alcázar y posteriormente el Dr. Manuel Livera Muñoz y el M.C. Noé Muratalla Lúa, y en la UNAM, Campus Cuautitlán, la M.C. Hilda Carina Gómez Villar y el M.C. José Arnulfo Flores Valdez. Durante estos treinta años se han cometido muchos errores, que se han venido corrigiendo, algunos de ellos son los siguientes:
 - a. Aplicar las hormonas por la noche, considerando que entonces los estomas están abiertos y habría mejor absorción de las hormonas. La práctica ha demostrado que las hormonas también se pueden aplicar durante el día con iguales resultados.
 - b. Aplicar las hormonas después de que la tuna se ha polinizado. Desde los años setenta los fitomejoradores descubrieron que cuando abre la flor la tuna ya se ha autopolinizado, por lo que, para realizar cruzamientos se debe cortar la corola antes de la apertura de la flor, eliminar los estambres (emasculación) y espolvorear el polen, obtenido de la variedad deseada, sobre el estigma, cuidando de que al cortar la corola la flor se encuentre libre de insectos que hayan perforado la corola y contaminado con polen de otra flor de una variedad no deseada; posteriormente se debe cubrir la tuna para evitar que llegue polen extraño con el viento o los insectos. A su tiempo, se obtienen las semillas, se hacen germinar y se desarrollan las plantas, y si al producir frutos resultan sobresalientes, se seleccionan, obteniéndose nuevos híbridos; este proceso tiene una duración de siete o más años.
 - c. Eliminar los estambres (emasculación) en lugar de eliminar el estigma, lo primero resulta más difícil y lleva mucho tiempo.
 - d. Utilizar hormonas de laboratorio (químicamente más puras) en lugar de hormonas de productos comerciales, que resultan mucho más baratas.
 - e. Aplicar hormonas sólo una vez, pensando que no se degradan con el paso del tiempo.
 - f. Aplicar en demasiadas ocasiones las hormonas. Mediante experimentos se ha determinado que con tres aplicaciones es suficiente.
 - g. Aplicar dosis pequeñas o muy grandes de hormonas. En el primer caso no hay respuesta y en el segundo pueden llegar a producirse falsas semillas (son

aquellas en que se desarrolla y endurece el tegumento, la cáscara de la semilla, pero se encuentran vacías o huecas).

- h. Cuando se pincha para eliminar el estigma, en ocasiones se extrae el ovario y la tuna, después de varias semanas, se desprende de la penca. Además es conveniente aplicar una solución de alcohol para “quemar” el pistilo y evitar que polen extraño llegue al ovario y produzca semillas.
- i. Cuando en una planta se tratan varias tunas y se dejan algunas sin tratar, las hormonas producidas por las semillas de las tunas sin tratar afectan a las tratadas, haciéndolas producir parcialmente semillas.
- j. Creer que con la aplicación de hormonas las tunas van a crecer más. Esta es una técnica cara y relativamente sofisticada, que sólo vale la pena aplicarla en huertas bien manejadas (bien fertilizadas, abonadas, podadas, libres de plagas y enfermedades, etc.) que estén produciendo entre 70 y 80% de tunas de primera, y no se debe cometer el error de aplicar esta técnica en huertas que producen 70% de tunas de tercera clase (canicas).

Para finalizar este apartado, es conveniente insistir en que ésta es una técnica complicada y cara, con la cual es posible obtener tunas sin semillas, del mismo tamaño e igual grosor de cáscara que las naturales, pero con menor vida poscosecha (la tasa de respiración de las tunas sin semillas es ligeramente superior a la de tunas con semilla) que aquellas, por lo que se debe evaluar cuidadosamente si el sobreprecio que en el mercado se pueda pagar por las tunas sin semillas cubre los costos de aplicar esta técnica.

3.15. Cosecha

Esta actividad es sumamente importante, porque es donde se materializan los beneficios de todos los esfuerzos aplicados a la producción; sin embargo, es en esta fase donde muchos productores en México “tiran por la borda” el trabajo realizado, como lo veremos a continuación.

3.15.1. Métodos de cosecha

Para cosechar se usan tres métodos:

- a. El primero consiste en tomar la tuna con la mano, generalmente enguantada y girarla para desprenderla de la penca. Con este método la tuna se maguya y se desgarrar del pedúnculo, por lo que la vida poscosecha disminuye drásticamente y las frutas cosechadas de esta manera se deben comercializar en el mercado nacional en el transcurso de pocos días. De esta manera se cosecha casi toda la tuna en los estados de Puebla, México e Hidalgo.
- b. El segundo método consiste en tomar la tuna con una mano, de preferencia bien enguantada, y con la otra, utilizando un cuchillo, cortar en la base de la misma para desprenderla. Si este procedimiento se realiza bien, sin cortar parte de la tuna, la vida poscosecha de la tuna es mayor. De esta forma se cosecha casi toda

la tuna de la región centro-norte (Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes, Zacatecas y San Luis Potosí).

- c. El tercer método consiste en cosechar cada tuna cortando con todo y un pequeño pedazo de penca, el cual se desprende a los 10 o 15 días dejando bien cicatrizado la base de la tuna, por lo que la vida poscosecha es muy superior. Este método se aplica más bien en variedades sin espinas (pues si se utilizara en variedades espinosas, las fracciones de penca unidos a la base de las tunas llevarán un buen número de espinas que causaría múltiples heridas a los frutos en el recipiente en que se trasladan al desespinado), y como en México casi toda la producción se basa en variedades con espinas, este método se usa muy poco; en cambio, en Italia, Israel, Sudáfrica, EE.UU., etc., es el método que se utiliza. Esta es una de las razones por las que estos países, con menor superficie de plantaciones exportan más y a un mayor número de países que México.

3.15.2. *Época de cosecha*

Para el mercado, la época de cosecha es fundamental, pues se produce fruta de calidad media, pero en una época en que la producción es mínima y se pueden obtener excelentes precios, en cambio, la que se cosecha en la época de mayor producción, aunque sea de excelente calidad, generalmente sólo alcanza precios regulares.

a) Épocas de cosecha de tuna de los países del Hemisferio Norte

En Sicilia, Italia, la cosecha de la tuna es en agosto y septiembre, pero como en la mayoría de las plantaciones se realiza el forzamiento de la fructificación (scozzolatura), para tener menor competencia con otras frutas, casi toda la tuna se cosecha en octubre y noviembre (Barbera e Inglese, 1993).

En Israel manejan el cultivo de nopal tunero en tres ambientes diferentes; así, con la aplicación de diversas técnicas han logrado ampliar la época de cosecha a 10 meses: en valles cálidos, como el de Arava, producen en junio y julio; en las montañas, en agosto, y septiembre, y en la costa, en un área de lomeríos (oeste del Negev), en julio y agosto, y forzando la fructificación producen en septiembre y octubre; además, aplicando nitrógeno con el riego han logrado un segundo flujo de fructificación para cosechar de noviembre a marzo (Nerd y Mizrahi, 1993).

b) Épocas de cosecha en los países del Hemisferio Sur

La cosecha de tunas en el Hemisferio Sur ocurre en el verano austral, cuando en el Hemisferio Norte se está en pleno invierno, lo que ha permitido un "boom" frutícola en Chile, Argentina y África del Sur, que venden fruta en invierno a los países del Hemisferio Norte (Europa, EE.UU., Canadá, Japón, etcétera).

En Chile la cosecha de verano se da de enero a abril, con la distribución siguiente: en enero, 1%; febrero, 35%; marzo, 51%, y abril, 13%. Fertilizando con nitrógeno y

regando obtienen una segunda cosecha, equivalente a sólo el 5% de la cosecha de verano, que se presenta de mayo a julio (López, 1996).

En Argentina la cosecha de tuna, tanto de la amarilla local como de la variedad roja, importada de Italia, se presenta de diciembre a abril (Ochoa, 1995).

En África del Sur la cosecha se inicia en noviembre en Pretoria, en diciembre en Bloemfontein y en enero en Capetown, en las tres regiones termina en abril (Potgieter, 1996).

c) Épocas de cosecha de tuna en México

En México se cosechan tunas desde marzo hasta noviembre, sin embargo, los porcentajes de tuna cosechados en los primeros meses (marzo y abril) y en el último (noviembre) es mínimo. En el Cuadro 3.8 se presenta la producción de tuna por región para las principales variedades.

Cuadro 3.8. Porcentajes de cosecha mensual de las principales variedades de tuna en las regiones productoras de México

<i>Variedad</i>	<i>Región</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>
Villanueva	Sur	0.27	0.65	6.77	18.50	33.24	30.24	7.28	2.88	0.16
Alfajayucan	Centro. Edomex				10.00	40.00	45.00	5.00		
Alfajayucan	Centro. Edo. de Hidalgo			10.00	10.00	65.00	10.00	5.00		
Alfajayucan	Centro-Norte					50.00	50.00			
Amarilla	Centro-Norte					20.00	50.00	30.00		
Rojo liso	Centro-Norte					10.00	75.00	15.00		
Pico chulo	Centro-Norte						40.00	60.00		
Cristalina	Centro-Norte						15.00	65.00	20.00	
Burrona	Centro-Norte						15.00	55.00	30.00	
Fafayuco	Centro-Norte							15.00	60.00	25.00

Fuente: Elaborado por el autor.

La cosecha de tuna se puede adelantar o atrasar hasta dos semanas, dependiendo de la presencia de heladas, de las temperaturas y de las precipitaciones que ocurran en la temporada de brotación y desarrollo de la fruta.

En México, a escala experimental se está trabajando en valles libres de heladas, con noches frescas, que cuentan con riego (costa de Ensenada, Baja California; Cañón de Juchipila en Zacatecas y suroeste del estado de México) para producir tuna de noviembre a marzo.

En el Cuadro 3.9 se presenta un concentrado de la producción mensual de tuna por país y región.

Cuadro 3.9. Épocas de cosecha de tuna en diferentes países

<i>País</i>	<i>Región</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>
Italia :	Sicilia:												
	Agostino								X	X			
	por scozzolatura										X	X	
E.U.A:	California	X	X	X					X	X	X	X	X
Israel:	Valles cálidos						X	X					
	Montañas								X	X			
	Costa:												
	Normal							X	X				
	Scozzolatura									X	X		
	Aplicando nitrógeno	X	X	X								X	X
Chile		(X)	X	X	X	(X)	(X)	(X)					
Argentina		X	X	X	X								
Africa del Sur:	Pretoria	X	X	X	X							X	X
	Bloenfontein	X	X	X	X								X
	Capetown	X	X	X	X								
México:	Sur			(X)	(X)	(X)	X	X	X	X	(X)	(X)	
	Centro					(X)	X	X	X	(X)			
	Centro-Norte							X	X	X	X	(X)	

X: = Producción normal; (X): poca producción.

Fuente: Elaborado por el autor.

3.16. Manejo de la tuna en poscosecha

Este apartado se desarrolla con base en el trabajo de Flores *et al.* (1995). La actividad metabólica de las tunas en poscosecha se considera baja, por tratarse de frutos no-climáticos. Sin embargo, también sufren deterioro, principalmente debido a daños por lesiones e infecciones patológicas, ocasionados durante el corte y manejo poscosecha y las fisiopatías o enfermedades fisiológicas (daños por frío) que puede causar la frigoconservación cuando las bajas temperaturas y los tiempos de exposición rebasan los límites biológicos de cada especie y variedad. En el deterioro de las tunas también intervienen factores biológicos y ambientales que directamente o en interacción provocan efectos indeseables, los cuales en ocasiones acaban rápidamente con la calidad del producto, por lo que a estos frutos se les considera altamente perecederos (Corrales, 1992a).

De acuerdo con este autor, el estado de madurez de la tuna al momento de la cosecha es determinante para el manejo comercial y la calidad de fruta que se desee obtener. Dependiendo de la variedad de que se trate, para determinar el momento del corte se pueden emplear los siguientes indicadores:

- a) Tamaño y llenado del fruto.
- b) Cambios externos de color.
- c) Caída de los aguates.
- d) Firmeza del fruto.
- e) Aplanamiento de la cavidad floral.
- f) Peso específico del fruto.

g) Contenido de sólidos solubles totales del jugo.

Conviene recordar que la tuna, siendo un fruto no-climatérico, no presenta cambios importantes en su contenido de azúcares en poscosecha y que cuando se cosecha antes de su momento óptimo, el dulzor final del fruto no alcanzará el de su potencial genético, por lo que los frutos deberán cosecharse cuando hayan terminado su crecimiento y hayan acumulado suficientes azúcares. Para determinar con cierta precisión el punto óptimo de corte se sugiere guiarse por dos o más índices de cosecha preestablecidos para la variedad de que se trate y la zona donde se cultiva.

En México existe una amplia variación en cuanto a la época de maduración. La mayoría de las variedades maduran de julio a septiembre, algunas precoces, como la "Tapona de mayo" y la "Pachona" maduran en mayo y junio; otras, de maduración tardía, como la "Fafayuco", "Casarón" y "Charola", maduran de noviembre a diciembre.

En cuanto al tamaño del fruto al momento de la madurez, también se presenta una gran variación entre variedades; existen variedades de fruto muy pequeño, como la "Cardona" (silvestre) que pesa en promedio 60 g, hay algunas de tamaño intermedio y otras de gran tamaño, como la "Cristalina", cuyo peso promedio es de 240 g (Pimienta, 1990).

Dado el gran problema que representan los aguates del fruto para la cosecha, también resulta muy conveniente el uso de guantes de tela gruesa o de cuero, los cuales, aparte de proteger las manos, protegen al fruto del "marcado" de los dedos.

En San Martín de las Pirámides el momento más apropiado para la cosecha de tuna es por la mañana, lo más temprano posible, cuando la temperatura es baja y la humedad relativa es alta, condiciones que favorecen la turgencia de los tejidos, lo cual facilita el corte y permite que éste se haga con menor riesgo de desgarramiento de tejidos. Por otro lado, los frutos más turgentes son los que resisten más el daño mecánico de compresión que le imprime con los dedos el cosechador al cortar, cuyas marcas no se hacen evidentes de inmediato, sino hasta después de unos días, siendo en estas áreas donde se inician los problemas de amarillamiento y de senescencia del fruto. Otra ventaja de cosechar cuando la temperatura es baja y la humedad relativa es alta, es que existe rocío en el ambiente y esto evita que se diseminen los aguates del fruto, cuya presencia resulta muy molesta y peligrosa para el cosechador, especialmente para sus ojos.

Después del corte, las tunas se van recolectando en recipientes de campo, que generalmente son botes de lámina o cubetas de plástico. Si los frutos cosechados no se depositan en estos recipientes con el debido cuidado pueden sufrir lesiones, que no se hacen evidentes al momento sino hasta después de algunos días.

El acopio de los frutos se hace en algún sitio dentro de la huerta. Los recipientes llenos de frutos pueden ser llevados al sitio de acopio por los peones o, bien, vaciados en una carretilla, la cual, después de haber recibido los frutos de algunos recipientes

se lleva al sitio de acopio, donde se descarga. El sitio de acopio puede ser el mismo suelo donde haya pasto, para minimizar daños al realizar la siguiente operación, el desespinado o desaguatado, que puede hacerse con escoba o, bien, puede ser acarreado en camioneta, en plataforma jalada por tractor o por bestias de carga hasta la planta de desespinado, selección y empaque.

A continuación se presenta una caracterización del manejo poscosecha de la tuna, basada en una muestra de cinco de las plantas desespadoras-empacadoras (se procuró que la muestra fuera representativa de un total de 22) que existen en la región centro-norte del país, especialmente en los estados de Jalisco y Zacatecas.

En cuanto a la ubicación de la empacadora respecto al área de cosecha, vías y medios de comunicación, disponibilidad de mano de obra y de materia prima, la mayoría de las empacadoras (el 80%) se abastece de zonas cercanas (de 1 a 15 km); sólo un 20% de la muestra está muy alejada de su zona de abasto (60-80 km), por lo que el tiempo de traslado de la fruta a la planta puede ser hasta de 2 horas o poco más. Todas las empacadoras disponen de al menos dos vías de comunicación (carretera y terracería) y de teléfono, y un 20% cuenta además con correo y telégrafo. El 60% de las plantas tiene problemas en cuanto a la disponibilidad de mano de obra, pero la materia prima (fruta) está disponible en un 100% para todas las empacadoras, independientemente de la zona en donde se ubiquen y del tipo de organización que posean.

Para la cosecha, sólo 40% de las plantaciones muestreadas aplican al menos tres criterios o índices de corte (color característico de la variedad, hendidura del receptáculo floral no muy pronunciada y jugo con un mínimo de 14 °Brix). El resto sólo aplica uno o dos índices de corte. Aunque se emplean los utensilios adecuados para la cosecha, en la mayoría de los casos los cosechadores cuentan con poca o nula experiencia y no se les da capacitación, sólo un 20% de las plantas la proporciona. El horario de cosecha en 80% de los casos es adecuado (de 6 a 11 a.m.). El preseleccionamiento al momento de la cosecha se realiza de manera correcta, usando recipientes de plástico en buenas condiciones, que luego son vaciados en otros recipientes (de plástico o de madera de mayor capacidad) para transportar la fruta a la empacadora; sólo 40% de las empacadoras proporciona cierta asesoría técnica a nivel campo y supervisa la forma de cosecha.

Para el transporte a las empacadoras, en general se usan camionetas de redilas, con o sin remolque adicional, y en menor medida tractores con remolques. Las cajas son de madera en su mayoría, aunque pueden ser de plástico y por lo general no se inmovilizan ni se cubren con una lona para proteger los frutos del sol.

Todas las empacadoras tienen un área específica para la recepción de la fruta y en 60% de ellas la descarga de las cajas es semimecanizada, con la ayuda de patines hidráulicos. En el 40% de las empacadoras no se cuenta ni se aplica ningún tipo de norma de recepción de materia prima (fruta), sólo hacen una inspección visual. Únicamente el 20% de las empacadoras rechaza fruta que no cumple con sus

estándares de calidad, otras manejan tolerancias y en ocasiones se rechazan los lotes por baja calidad o aplican descuentos o castigos al precio de compra.

En todas las empacadoras el producto sigue un proceso de acondicionamiento sencillo y recto. Sin embargo, en todos los casos se encontró que hay invasión del área de proceso, ya sea para almacenar la materia prima, el producto terminado o ambos. En 60% de las plantas el desespinado se hace con máquinas que no cuentan con un predimensionador integrado, lo que es causa de problemas o ineficiencia en esta importante operación. Sólo en 20% de las plantas se aplica un acabado o pulido individualizado al fruto después del desespinado, siendo éste un aspecto muy importante para la aceptación del producto en los exigentes mercados de exportación.

Las operaciones de selección por tamaño y sanidad se efectúan en general para el producto destinado a exportación y en algunas empacadoras también lo efectúan para el que se vende en el mercado nacional. El número de categorías y tamaños que maneja cada empacadora varía de 1 a 4. En todas las plantas empacadoras se observó que durante la selección, el fruto, aunque no va rotando, en promedio ofrece dos vistas y que, en general, este proceso no causa mayores daños al producto, con excepción de la planta donde se aplica el acabado o pulido, el cual se piensa puede causar un cierto daño adicional pero que resulta mínimo. El empaque del producto se realiza en rejas de madera (mercado nacional) o de cartón (mercado de exportación).

Sólo el 20% de las empacadoras brindan capacitación al personal de selección antes, durante o sobre la marcha (dos a tres días) y después de la temporada de trabajo; además, cada año contrata, en lo posible, al mismo personal para aprovechar su experiencia; el 40% de las plantas capacita al personal de selección sobre la marcha, en plena temporada y sólo durante un día; el resto no brinda capacitación alguna a sus seleccionadores.

En cuanto a las condiciones de trabajo, todas las empacadoras visitadas proporcionan guantes a sus trabajadores, aunque ninguna proporciona batas y sólo el 60% proporciona gorras; en el 100% de las empacadoras la separación entre trabajadores (espacio de trabajo) es adecuada, en el 60% la ventilación es correcta, la iluminación se considera suficiente sólo en el 40% y el 80% dispone de sanitarios. La altura de las bandas y mesas de selección fluctúa entre 0.8 y 1.06 m, aspectos de diseño que son muy importantes, porque afectan directamente al desempeño y a la eficiencia del trabajador y, por consiguiente, el proceso de empaque general.

En cuanto al flujo de producto en las líneas de selección, éste puede oscilar desde 20 hasta 180 kg/min., registrándose problemas por sobrecarga y desacoplamiento en un 40% de las plantas. Sólo en 20% de las plantas se encontró buena eficiencia de selección, el 40% tiene problemas de subselección y en las demás la subselección no es mayor al 7%.

La selección por tamaño o dimensionamiento se realiza manualmente en la mayoría de las plantas, sólo en el 20% de ellas no se lleva a cabo.

En el 40% de las máquinas desespadoras se presenta el problema de varias superficies cortantes y caídas innecesarias del producto en la tolva de alimentación. En el resto sólo se presentan caídas innecesarias.

El empaque se lleva a cabo en forma manual, los frutos se dejan caer (10-15 cm) directamente de la banda al contenedor y luego se acomodan, al final dejan un espacio libre de unos 5 cm o un poco más; esta operación se supervisa en algunos casos. Para proteger al producto durante su manejo y distribución, solamente se amarran los contenedores y en el 60%, además, se conforman en unidades "pallet".

Aunque es muy difícil evaluar daños y mermas del producto durante su acondicionamiento y empaque, se estima que pueden ser del 10 al 15%, los porcentajes más altos ocurren al final de la temporada, cuando la tuna tiene una madurez más avanzada.

Solamente 20% de las plantas cuenta con almacén para producto procesado, pero éste no es refrigerado, aunque no se ha hecho hasta ahora muy necesario, pues la mayoría de las plantas (80%) no requieren de más de un día de almacenamiento; el 80% de las plantas tiene que almacenar su producto en diferentes áreas, incluso en las de proceso, causando diversos y continuos problemas.

La supervisión durante el proceso de acondicionamiento y empaque se realiza en 80% de las plantas, aunque de manera no muy satisfactoria en algunos casos.

En cuanto al tipo de embalaje que se maneja, si es para el mercado nacional o de exportación es algo que depende de la capacidad de la empacadora y de la calidad de su producto para el mercado. Cabe señalar que cuando se usa la reja de madera (mercado nacional) ésta se sobrellena demasiado, con la idea de aprovechar el envase al máximo y así manejar mayor cantidad del producto. Sin embargo, así se ocasionan daños mecánicos por compresión al producto, lo cual repercute tanto en la calidad como en el grado de perecibilidad.

Otro problema de los contenedores de madera es que se llegan a ensuciar tanto con su reuso que se constituyen en fuentes de contaminación microbiana y provocan la infección y deterioro del producto. Otros de los inconvenientes de este envase son su alto precio y menor resistencia mecánica.

La eficiencia de las plantas empacadoras en general se considera baja, debido a diversas deficiencias, entre las que destacan: el proceso de empaque es deficiente y ocasiona mermas en la calidad del producto, lo cual limita considerablemente la posibilidad de exportación. Algunas plantas tienen problemas con la distribución del personal por áreas de trabajo.

Todas las plantas tienen el problema de exceso de trabajo para sus empleados, debido a jornadas con pocos o nulos recesos y a la falta de días de descanso a la semana, especialmente a media temporada.

Este exceso de trabajo repercute negativamente en la eficiencia del trabajo de los seleccionadores, empacadores y demás trabajadores, lo que finalmente resulta en

demérito de la calidad y uniformidad del producto, que son aspectos de primera importancia cuando éste va al mercado de exportación.

Muchas de las plantas presentan problemas por falta de supervisión, entrenamiento y buenas condiciones de trabajo para sus empleados (deficiencias de protección, espacio, iluminación, ventilación, en la altura de bandas de selección y en los sanitarios, entre otras).

Otro de los problemas encontrados es que en muchas plantas los seleccionadores no tienen un dominio visual completo de los frutos que van a seleccionar (como no van rotando en las bandas, sólo ven la cara superior del fruto), además de que el flujo del producto en las bandas de selección en muchos casos no es el adecuado, todo lo cual es causa de problemas en la selección, a lo que se aúna que el dimensionamiento o selección por tamaño es manual y no se hace en todas las plantas.

En general, las empacadoras no inmovilizan al producto dentro del empaque de cartón de la mejor manera. En el caso de las rejillas de madera, sobrellenan los envases causando daños mecánicos al producto.

Para concluir, otros problemas generalizados en las plantas de empaque son la falta de almacenes (en especial de almacenes refrigerados) y la falta de preenfriamiento del producto.

3.17. Rendimientos

En Sicilia, Italia, bajo excelentes condiciones ambientales y culturales se han obtenido rendimientos de hasta 35 t/ha, pero la producción media difícilmente supera las 20 toneladas por hectárea. En la región de San Cono el rendimiento medio es de entre 14 y 16 t/ha, dándose casos de huertas que producen entre 20 y 22 t/ha (Barbera e Inglese, 1993). En la región de Santa Margarita, Belice, los rendimientos oscilan entre 15 y 16 t/ha (Basile, 1990).

En África del Sur se han reportado (Potgieter, 1996) rendimientos de 7 a 15 toneladas por hectárea, dependiendo de la edad y la densidad de la plantación, el clima del área (en la provincia del noreste la altitud varía desde 450 m a 1 740 msnm, las temperaturas medias anuales varían de 15 a 22°C y la precipitación media anual de 400 a 850 mm), los tipos de suelo y las prácticas culturales.

En Israel los rendimientos fluctúan entre las 20 y 25 toneladas por hectárea. También se han reportado (Nerd y Mizrahi, 1993) huertas con fertirrigación, que al tercer año de plantadas registran rendimientos de 18 t/ha, de las cuales 15 son en la cosecha de verano y 3 en la de invierno.

Para Chile se han reportado rendimientos medios de 7 t/ha, aunque existen huertas muy bien manejadas que en algunos años han tenido rendimientos de alrededor de 40 t/ha.

En Perú se reportan (Conafrut-INIA, 1998) rendimientos promedios anuales de 6.3 a 7.5 t/ha, aunque en algunos departamentos los rendimientos obtenidos pueden

ser mucho mayores en algunos años (Ica, 10 t/ha; Moquegua, 13.4 t/ha; Lima, 14.9 t/ha; Tacna, 15 t/ha, y Junin, 20 t/ha), siendo los departamentos de Huancavelica y Ayacucho donde, por su mayor superficie cultivada de nopal tunero, los volúmenes de producción son mayores.

En Salinas, California, Estados Unidos, el rendimiento promedio es de 12 t/ha, con variaciones anuales de 7 a 25 t/ha, dependiendo de las superficies en desarrollo o en inicio de producción (Bunch, 1996).

En México, el rendimiento promedio se considera de 6.75 t/ha, pero los rendimientos medios por estado son muy variables: de 20 t/ha en Puebla, de 10 en el estado de México, de 7.5 en Hidalgo y de 5.13 en la región centro-norte (Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Jalisco y Aguascalientes). En todas las regiones existen productores que anualmente obtienen entre 25 y 28 t/ha.

3.18. Producción de tuna en alta densidad

El achaparramiento (enanización) y la utilización de alta densidad de las plantaciones frutícolas (manzano, nogal, durazno, pera, plátano, cítricos, etc) y aun de los cereales (maíz, trigo, cebada, etc.) es una técnica que se desarrolló a partir de los años sesenta, como una forma de incrementar los rendimientos y la productividad.

En el caso del nopal verdura esto se logró plantando en camas con alta densidad (25, 40 o más pencas por metro cuadrado) aprovechando la producción de nopales de la penca madre o cuando mucho dejando el siguiente piso con una a tres pencas como base de producción, lo que permite instalar un micro túnel y producir bajo plástico en los meses de invierno, que es cuando el nopalito logra mejores precios.

En cuanto al nopal tunero, la máxima densidad funcional había sido de 4x4 (4 m entre líneas y entre plantas) con una altura de planta de 1.6 a 1.8 m. Con esta densidad, en los estados de Puebla, México e Hidalgo se obtienen altos rendimientos, aunque con elevados costos de producción, porque no se pueden mecanizar las plantaciones y todas las labores (limpias, cultivos, sacado de poda, combate de plagas y enfermedades y traslado de cosecha) deben realizarse a mano.

En San Sebastián Villanueva, municipio de Acatzingo, Puebla, el productor José Pascual Lira Flores usó durante 12 años densidades cada vez mayores en plantaciones de nopal tunero, hasta llegar a 2 m entre líneas y 1.5 m entre plantas con la variedad cristalina, para lo cual desarrolla varios troncos, de preferencia horizontales al suelo, y sólo mantiene dos tipos de pencas, las que producirán el presente año y las que producirán en el siguiente, con una altura de plantas de 1.2 a 1.4 m, obteniendo rendimientos de 25 a 28 t/ha de tuna comercial.

Para el efecto, el productor realiza un buen manejo de la plantación, que consiste en lo siguiente:

- *Limpias*. Realiza dos al año (mayo y agosto) con pala o azadón, utilizando 18 jornales por hectárea en cada una.

- *Abonado.* Abona al plantar y después cada tercer año. Aplica el volumen de un camión (rabón) de 22 m³ de pollinaza, para aplicar en mayo, aproximadamente 13 t/ha, 4 kg por planta; para aplicarlo ocupa cuatro jornales.
- *Fertilizante.* Aplica cada año 6 bultos de urea por hectárea, que equivalen a 135 kg de nitrógeno por hectárea, utilizando para ello dos jornales.
- *Podas.* Por ser esta práctica la base para mantener baja la planta, el productor realiza 3 podas al año, requiriendo en cada una tres jornales y tres más para sacar el material podado.
- *Combate de malezas.* Para ello el productor aplica herbicida una vez al año, en proporción de tres litros por hectárea, requiriendo dos jornales por aplicación.
- *Combate de plagas y enfermedades.* Generalmente el productor realiza dos aplicaciones “completas”, cada una de las cuales incluye por hectárea: tres litros de Paration, 2 kg de sulfato de cobre, 2 kg de terramicina y 3 lt de adherente y 10 jornales. Además, efectúa dos aplicaciones “ligeras”, con la mitad del producto y utiliza 6 jornales. Las aplicaciones las realiza de mayo a agosto, cada 30 o 40 días, dependiendo de la incidencia de plagas.
- *Riego.* Aunque no dispone de una fuente de agua fija, el productor bordea la plantación para captar el agua de lluvia además la de los arroyos y caminos que llevan a la plantación.
- *Aclareo del fruto.* Lo realiza en junio, ocupando para este trabajo 3 jornales por hectárea.
- *Cosecha.* El productor la realiza (en la variedad cristalina) de septiembre a noviembre. Al cortador le paga \$100.00 al día y la comida; éste corta a cuchillo y colecta la tuna en un bote, la vacía en cajas, y carga y descarga del camión. En promedio un cortador cosecha de 12 a 15 cajas de 27 kg al día. Para la cosecha se requieren de 65 a 70 jornales.
- *El productor produce fruta de muy buena calidad,* por lo que tiene compradores que cada año se surten con él; parte de la cosecha la vende a cadenas de supermercados del norte del país, parte la vende en su bodega con desespinaadora y parte la comercializa en el mercado de Huizcolotla, Puebla.

En la Nopalera Experimental “Dr. Facundo Barrientos Pérez”, del Programa Nopal, este año se inició el establecimiento de una parcela con 15 variedades de tuna de colores y diferentes pencas sin espinas, con distancias de 2 m entre calles y 1.5 m entre plantas, de lo que resulta una densidad de 5 000 plantas por hectárea.

La producción de tuna en alta densidad es una técnica para la cual todavía no se tienen recomendaciones, pero aparentemente este sistema tiene buen potencial para productores con poco terreno, con disponibilidad de mano de obra y dispuestos a utilizar la tecnología de manera intensiva.

4. DESESPINADO DE LA TUNA

Desespinado se denomina a la práctica de eliminar los aguates de las tunas, para lo cual se utilizan dos métodos: el manual y el mecánico.

4.1. Desespinado manual

El desespinado manual generalmente es el que se hace en el campo. Consiste en colocar las tunas cosechadas ya secas (libres de rocío) sobre pasto o paja y “barrerlas” con escobas (de panojas desnudas de sorgo o de filamentos de plástico) o cepillos (en ocasiones cubiertas con una arpillera de plástico) para eliminar los aguates. Esta forma de desaguar sigue siendo muy utilizada en los estados de Puebla, México e Hidalgo.

4.2. Desespinado mecánico

El desespinado mecánico consiste en la utilización de máquinas equipadas con “cepillos” (rodillos cubiertos con cerdas o con tela de alfombra), sobre los que se hacen pasar las tunas para eliminar los aguates.

Las desespadoras mecánicas se han desarrollado empíricamente, y existen más de 150 en el país (30 en Puebla, 25 en el estado de México, 10 en Hidalgo -aproximadamente 100 en la región centro-norte-); sin embargo, muchas presentan deficiencias, como dejar aguates en las tunas y maltratarlas demasiado, etcétera.

En Italia, Israel, Sudáfrica, Estados Unidos de América, etc., la tuna se desespina mecánicamente.

4.3. Selección

En las máquinas desespadoras, después de la sección de “barrido”, las tunas pasan a una sección de selección, que en México en la mayoría de los casos consiste en una banda de selección, donde manualmente las tunas son seleccionadas por tamaño, eliminando las que presentan algún daño que desfavorezca su comercialización.

También existen máquinas en las que la selección es por medio de tubos colocados con diferentes separaciones entre ellos, por las cuales pasan las tunas y caen por gravedad, según su tamaño, en las mesas de empaclado.

En Italia, Israel, Estados Unidos, etc., existen máquinas desespadoras que, según el peso de las tunas, éstas son conducidas a diferentes mesas de empaque.

5. EMPAQUE DE LA TUNA

El empaque consiste en acomodar las tunas desespadas y seleccionadas en las cajas de cartón o rejas de madera en que serán trasladadas al mercado. Para el mercado nacional casi toda la tuna se empacla en rejas de madera con capacidad de 18 a 28 kg.

en las cuales generalmente la fruta se deteriora por aplastamiento, pues se colocan de 4 a 6 capas, y por las rasgaduras de la cáscara que sufren las tunas que quedan en contacto con los filos de las tablas de la reja. Sin embargo, algunos compradores de Estados Unidos piden la tuna empacada en rejas nuevas con capacidad de 18 kg, aunque generalmente para el mercado de exportación y para algunas cadenas comerciales de México la tuna se empaca en cajas de cartón de 11 libras de capacidad (5.5 kg), acomodando las tunas en dos capas. En ocasiones, parte o todas las tunas se envuelven en papel, el cual a veces lleva impresas las instrucciones de cómo eliminar la cáscara y consumir la pulpa de la tuna.

En otros países, como Italia, Israel y Estados Unidos, las tunas se empacan en cajas de madera, cartón o plástico, en una sola capa y acomodadas en una charola (base de plástico con huecos que siguen la forma de la tuna), de manera que las tunas se transportan protegidas de daños por golpes o aplastamientos.

Los errores más comunes cuando se diseñan y fabrican las cajas para empacar tunas se mencionan a continuación:

- Las cajas no cuentan con la resistencia suficiente y al acomodarlas en el “pallet” (estiba) las inferiores ceden en sus paredes, se doblan y se dañan las tunas por aplastamiento.
- Las cajas no tienen las dimensiones adecuadas para acomodarlas en la tarima del pallet (1.20 x 1.00 m), por lo que al estibar, parte de las cajas quedan “fuera” dificultando el acomodo en la caja del trailer, o bien quedan por dentro desperdiciando espacio; en ambos casos se dificulta colocar adecuadamente los esquineros del pallet.
- Los agujeros de las cajas no se ubican adecuadamente, por lo que en la estiba son tapados por las otras cajas, impidiendo la buena circulación del aire hacia las cajas del centro del pallet.
- Las cajas se elaboran sin cejas y huecos que permitan que las inferiores de la estiba se traben con las superiores, con lo que se logra una mayor estabilidad del pallet.
- Las cajas no cuentan con información sobre la variedad, color, número, calibre (tamaño) y peso de las tunas que contiene.
- Las cajas no cuentan con la información nutrimental de las tunas, requisito que imponen los mercados de Estados Unidos y otros países.
- Las cajas no cuentan con información suficiente para que clientes potenciales contacten a los productores, como: nombre de la empresa, ubicación, teléfono, correo electrónico, etcétera.
- Las cajas se elaboran para colocar dos capas de tuna (una sobre otra), en lugar de una sola capa, como en algunos países.
- Las tunas se colocan en las cajas sin charola, facilitando que las tunas se dañen al golpearse unas con otras.

- Las tunas no se envuelven en papel (de china) y cuando se hace, éste no cuenta con información suficiente sobre cómo eliminar la cáscara, formas de consumir la tuna e información sobre los productores.
- Casi nunca se adiciona a las cajas información en hojas, folletos o trípticos sobre las bondades que conlleva el consumo de la tuna, así como sobre los productores, lo cual sí realizan los productores de algunos países.

6. OFERTA DE TUNA A ESCALA MUNDIAL

La producción de tuna se realiza en alrededor de treinta países (FAO, 1995), entre los cuales figuran Chile, Argentina, Bolivia, Perú, Colombia, México, Estados Unidos, Sudáfrica, Marruecos, Argelia, Libia, Túnez, Egipto, Jordania, Pakistán, Israel, Grecia, Italia, España y Portugal, aunque en la mayoría de ellos la tuna es un producto secundario de nopaleras dedicadas a la producción de forraje o a la conservación de suelos, siendo pocas las plantaciones especializadas en la producción de tuna, de manera que la mayoría de los países sólo concurren a los mercados nacionales y no participan en el mercado internacional. Una estimación de las superficies, rendimientos y producción obtenida en los países donde se ha reportado el nopal se muestra en el Cuadro 6.1.

En este cuadro se puede observar que el nopal se encuentra ampliamente distribuido en la cuenca del mediterráneo, incluyendo los países del cercano oriente (Turquía, Siria, Líbano, Israel y Jordania). En el continente africano se incluyen los países de la cuenca del mediterráneo (Marruecos, Argelia, Túnez, Libia y Egipto), los países del “cuerno” de África (Eritrea, Etiopía, Somalia y Sudán) y países del sur del continente (África del Sur, Namibia, Mozambique y Madagascar). En América se encuentra tanto en el sur del continente (Chile, Argentina, Bolivia, Perú, Ecuador, Brasil y Colombia), como en el norte (Estados Unidos y México).

También se puede observar que en el mayor porcentaje de la superficie (92.08%) se produce bajo el sistema extensivo. En el citado cuadro también se observa que no aparecen las superficies cultivadas con fines forrajeros de África del Sur (350 000 ha), Brasil (500 000), ni las superficies dedicadas a grana de cochinilla de Perú (70 000 ha), ni las nopaleras silvestres de EE.UU. (500 000 ha) y México (3 000 000 de hectáreas).

Cuadro 6.1. Producción de tuna por país. 1992

<i>País</i>	<i>Sistema de producción</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Rendimiento (t/ha)</i>	<i>Producción (t)</i>
Portugal	Extensivo	100	1.00	100
España	Extensivo	300	1.00	300
Italia	Intensivo	2,500	16.00	40,000
	Extensivo	25,000	1.00	25,000
Grecia	Extensivo	100	1.00	100
Turquía	Extensivo	100	1.00	100
Líbano	Extensivo	300	1.00	300
Israel	Intensivo	300	20.00	6,000
Siria	Extensivo	200	1.00	200
Jordania	Extensivo	1,000	1.00	1,000
Egipto	Extensivo	5,000	1.00	5,000
Libia	Extensivo	2,000	3.00	6,000
Túnez	Intensivo	1,000	5.00	5,000
	Extensivo	120,000	1.00	120,000
Argelia	Extensivo	7,000	3.00	21,000
Marruecos	Extensivo	50,000	1.00	50,000
Eritrea, Etiopía, Somalia y Sudán	Extensivo	500,000	.10	50,000
África del Sur	Intensivo	1,500	10.00	15,000
	Extensivo	3,000	5.00	15,000
Madagascar, Mozambique y Namibia	Extensivo	300,000	.10	30,000
Argentina	Intensivo	1,000	15.00	15,000
	Extensivo	10,000	6.00	60,000
Chile	Plantaciones	1,000	8.00	8,000
Bolivia	Extensivo	1,000	2.00	2,000
Perú	Intensivo	8,000	7.00	56,000
Ecuador	Extensivo	600	2.00	1,200
Colombia	Intensivo	200	10.00	2,000
Brasil	Extensivo	100	1.00	100
EE.UU.	Intensivo	200	20.00	4,000
México	Plantaciones	72,500	6.00	435,000
TOTALES		1'114,000	0.87	973,400

Fuente: Elaborado con base en consultas bibliográficas y directas a investigadores de diferentes países.

Sólo siete de los países que producen tuna concurren al mercado internacional: México, Italia, África del Sur, Chile, Israel, Colombia y EE.UU. (Cuadro 6.2.).

Cuadro 6.2. Superficie, rendimiento medio, producción, exportación e importación de tuna por país

<i>País</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Rendimiento (t/ha)</i>	<i>Producción (t)</i>	<i>Exportación (t)</i>	<i>Importación (t)</i>
México	72,500	6.75	489,500	7,500	0
Italia	2,500	20.00	50,000	15,000	100
Sudáfrica	1,500	10.00	15,000	250	0
Chile	1,000	7.00	7,000	40	0
Israel	300	25.00	7,500	60	0
Colombia	200	10.00	2,000	100	0
EE.UU.	200	20.00	4,000	100	8,000
TOTALES	78,200	7.35	575,000	23,050	8,100

Fuente: Elaborado con base en consultas bibliográficas y directas a investigadores de otros países.

En el Cuadro 6.2 se puede apreciar que la superficie de producción de tuna de México (72,500 ha) es muy superior a las de Italia, Sudáfrica, Chile, Israel, Colombia y EE.UU. Si a lo anterior se agrega que los otros países basan su producción casi totalmente en una sola variedad, tanto que en México, donde existe una gran riqueza varietal que le permite al país ofrecer al mercado tunas blancas, amarillas, anaranjadas y rojas, queda en evidencia el gran potencial que tiene para liderar los mercados internacionales de este producto.

Respecto a rendimientos medios, México presenta los más bajos (6.75 t/ha), debido a que casi la totalidad de las plantaciones se localizan en áreas sin riego, con mal temporal y suelos pobres, además de que gran número de productores, por falta de recursos, no atienden adecuadamente sus huertas. En los casos de productores que realizan adecuadamente las labores de poda, abonado, fertilización, combate de plagas, etc., éstos obtienen, en condiciones de temporal, entre 25 y 30 t/ha.

Los países del hemisferio norte, con excepción de México, muestran rendimientos altos, resultado de prácticas adecuadas de abonamiento, fertilización, riego podas, combate de plagas y enfermedades y forzamiento de la fructificación.

Los países del hemisferio sur presentan rendimientos variables, aunque altos en plantaciones bien atendidas y con apoyo de riego y bajos en las plantaciones de temporal. En cuanto a producción, a pesar de los bajos rendimientos, dada su gran superficie, México presenta un volumen muy superior a la de otros países. Sin embargo, en cuanto a exportación, otros países con menor superficie, menor producción y menor riqueza varietal exportan mayor volumen y a un mayor número de países. A continuación se presenta un breve análisis de la producción en cada país.

6.1. Italia

Italia produce con base en una sola especie (*O. ficus-índica. L*) con tres variedades sin espinas, de las cuales la Amarilla ocupa el 90% del total (2 500 ha), la roja 8% y la blanca 2%, que en conjunto producen 50 000 t. De este volumen el 30% se consume en Sicilia, 40% en el resto de Italia y el 30% (15 000 t) se exporta.

En ese país la superficie de tuna se concentra en la Isla de Sicilia (92.2%) y el resto (7.8%) en la Isla de Cerdeña y las provincias del sur de la Península. Italia posee una gran experiencia en el cultivo y exportación de tuna que data de inicios del siglo veinte. En ese país el nopal se cultiva en setos con distancias de 6 a 7 m entre hileras y de 2 a 3 m entre matas, formadas mediante la “siembra” de 3 a 4 pencas en círculo.

Se aplican de 3 a 4 riegos por temporada en láminas de 10 a 15 cm de agua, utilizando sistemas de riego por aspersión o por goteo. Se fertiliza con dosis de 150 a 180 kg de nitrógeno, de 100 a 120 de fósforo y de 60 a 80 de potasio. Se cultivan adecuadamente las plantaciones con medios mecánicos, manteniéndolas libres de maleza, se aclarea dejando de 5 a 7 frutos por penca, se fuerza la fructificación (*scozzolatura*), que consiste en eliminar los frutos entre mayo y junio para provocar

una segunda fructificación en una temporada más tardía y aprovechar la menor competencia con otros frutos tradicionales. Al realizar esta práctica se obtiene una producción menor, pero frutos de mayor tamaño y de mejor calidad en una época en que se obtienen mejores precios.

La cosecha se realiza con cuchillo, cortando un pequeño pedazo de penca (botón) adherido a la tuna que se desprende entre los 7 y 10 días, dejando el fruto perfectamente cicatrizado. El desespinado se realiza mecánicamente y la selección se lleva a cabo con una seleccionadora mecánica que separa por peso.

Actualmente, Italia exporta tuna a Alemania, Francia, Bélgica y otros países europeos, Estados Unidos y Canadá, a países del norte de África y del Cercano Oriente, de manera importante a Arabia Saudita (Barbera e Inglesse, 1993). En el verano de 1993 una sola empresa (León fruta 88) de Catania, Sicilia, a media temporada había exportado 4 500 t a 10 países (Francia, Canadá, Bélgica, Arabia Saudita, Polonia, Checoslovaquia, Hungría, Alemania, Suiza y Holanda) y en toda la temporada más de lo que exporta México.

6.2. Israel

Israel, como Italia, produce con base en una sola variedad, de *O. ficus-índica* L., de tuna color amarillo, denominada *Ofer*, que es una selección obtenida en Israel a partir de muchos otros cultivares introducidos. Cuenta con alrededor de 300 ha de cultivo comercial y una producción de 6 000 t, resultado del alto nivel tecnológico que se aplica, tanto en riego y fertilización como en forzamiento de la fructificación, etc. Los israelitas, aprovechando diferencias regionales, manipulan sus cultivares para obtener tuna durante casi todo el año de la siguiente manera:

1. En los valles cálidos, donde la brotación se presenta en febrero y marzo, obtienen tuna en junio y julio.
2. En las colinas costeras realizan 4 tratamientos:
 - a. Para las brotación de marzo-abril aplican GA3 (ácido giberelico) con objeto de adelantar el período de maduración a principios de julio-principios de agosto.
 - b. La brotación de marzo-abril sin tratamiento madura a finales de julio-finales de agosto.
 - c. La brotación de mayo a junio se fuerza para obtener maduración en septiembre y octubre.
 - d. Mediante fertirrigación, aplicando nitrógeno, fósforo y potasio, se induce una brotación en agosto-septiembre que madura de noviembre a marzo.
3. En las Montañas la brotación se da en abril y la tuna madura en septiembre, sin tratamiento alguno.

En Israel se produce comercialmente tuna desde hace 15 años, que se consume casi totalmente en los mercados locales. En los primeros años de los 90 Israel exportó

a países europeos con base en su alto nivel tecnológico que le permite producir tuna en invierno, cuando la oferta en el mercado de exportación es mínima y los precios son atractivos. En 1992 exportó 75 t y 60 en 1993 (Nerd, Aronson y Mizrahi, 1994).

Los Israelitas, aprovechando la tecnología desarrollada en otros países y generando tecnología propia, sobre todo en fertirrigación, han logrado extender su producción de tuna a 10 meses del año.

6.3. Estados Unidos

Estados Unidos produce tuna también con base en una sola variedad de *Opuntia ficus-índica* L. de pulpa roja, traída de Sicilia. Cuenta con alrededor de 200 ha cultivadas en el valle de Salinas, en California, y produce 4 000 t con alta tecnología de riego, fertilización, forzamiento y aclareo de la fructificación, de manera que su época de cosecha se extiende de octubre a marzo. Sus mercados se ubican en el noreste (Nueva York y Massachusetts), donde consume la tuna la población de origen italiano y de ahí exporta a Canadá, y en ocasiones esporádicas a Japón (Curtis, 1977; Russel y Felker, 1987).

Además, Estados Unidos es un fuerte importador de tuna, recibe fruta de México, Chile, Italia y probablemente de Colombia, sin embargo, su consumo actual per cápita es mínimo, lo que es indicativo de que su mercado no está saturado. A la única empresa productora de Estados Unidos (D'Arrigo Bros.) no le interesa concurrir al mercado cuando produce México, debido a que los precios son bajos. El manejo de sus huertos es sumamente sofisticado, de manera que ellos programan la maduración de la tuna por parcela.

6.4. África del Sur

El nopal fue introducido a este país en el siglo XVII, pero la industria de la producción de tuna comenzó en 1914 con la introducción de 21 variedades de nopal sin espinas del vivero Burbank de California, EE.UU. Actualmente cuenta con 1 500 ha de *Opuntia ficus-índica* L., en cultivo intensivo y una producción estimada de 15 000 t, que en su mayor parte se consume en los mercados del país, en donde los precios de la tuna son semejantes a los de la manzana y el durazno y superiores a los de la naranja. Ha exportado cantidades no especificadas a Inglaterra y Francia, aprovechando que su producción ocurre en el verano austral, de diciembre a marzo (Brutsch y Zimmermann, 1993), periodo que corresponden al invierno del hemisferio norte, por lo que la tuna llega al mercado en los meses en que la oferta es mínima y las posibilidades de lograr precios atractivos son mayores.

6.5. Chile

En este país, la tuna que se cultiva es de la especie *Opuntia ficus-índica* L., que fue introducida desde los tiempos de la Colonia. Esta especie incluye tres variedades: a)

blanca o plateada, de sabor dulce, cristalina, es la que tiene mayor aceptación, b) amarilla, muy dulce y con gran cantidad de semillas, la planta de esta variedad se considera apropiada para producir cochinilla, c) tuna roja, de mayor tamaño que las otras, delicada, más seca y arenosa, tiene aceptación en el mercado de exportación. Chile cuenta con una superficie ocupada con nopal de alrededor de 1 000 ha y sólo con 8 000 t de producción de tuna, pues se estima que únicamente 600 ha pueden considerarse bien atendidas, con apoyo de riego, fertilización, podas, raleo de frutos (dejan 8 a 10 frutos por penca). El rendimiento promedio es de 8 t/ha, aunque Chile dispone de plantaciones con rendimientos de 15 a 20 t/ha (Sudzuki, 1993). La cosecha se presenta en dos épocas: la de otoño, que es la más importante en volumen, se presenta en los meses de marzo y abril y la otra, de menor volumen, denominada "inverniza", en octubre (Sudzuki, 1993).

Las exportaciones de tuna chilena se iniciaron en 1982 con el envío de 200 cajas (740 kg), llegando a un máximo en 1983 (336 950 kg). En el ciclo 1989-1990 Chile exportó 1 432 cajas (7 160 kg) y en el ciclo 1990-1991 exportó 4,521 cajas (22 605 kg). Los destinos de sus exportaciones han sido EE.UU., Suiza, Canadá, Bélgica, Holanda, Inglaterra, Italia, Kuwait, Austria, Alemania y a México vía EE.UU.

Recientemente se ha informado de un incremento en su demanda interna, con mejores precios que en el mercado de exportación, lo que ha provocado que disminuyan sus exportaciones y, a la vez, que algunas empresas y consorcios se hayan interesado en cultivar nopal tunero para el mercado interno y el de exportación (SARH, 1991). Chile exportaba 30% de su producción, mientras que el 65% lo consumía en fresco y el 5% lo destinaba a la industria de jugos, que son ofrecidos como jugo de temporada en hoteles y restaurantes.

Los investigadores chilenos han desarrollado una línea de investigación sobre perspectivas agroindustriales de productos y subproductos de tuna que incluyen jugos, pulpas, néctares, mermeladas, tunas deshidratadas y confitadas, galletas, aceites, gomas y mieles.

Por su parte, los productores chilenos de tuna han aprovechado dos cosas:

- a. Producen tuna en su verano austral, es decir, en los meses de invierno del hemisferio norte, por lo que concurren al mercado externo casi sin competencia.
- b. El "boom" frutícola chileno, con el que han desarrollado tecnología de producción, transporte, red de frío y comercialización, de manera que han ingresado con sus frutas a los mercados de países del norte durante los meses de invierno de este hemisferio.

6.6. Argentina

En ese país el nopal se cultiva para forraje desde principios de siglo y la tuna producida en estas plantaciones (10 000 ha) es utilizada por la población local como fruta de temporada y para la elaboración de mermeladas (arrobe). La zona de

producción se encuentra en el noroeste de Argentina, en las provincias de Córdoba, La Rioja, Santiago del estero y San Juan.

Actualmente existen en Argentina 500 ha cultivadas con nopal, especializadas en producción de tuna, dominando una variedad sin espinas de color amarillo en un 90%; también existen otros tipos de color rojo anaranjado y rosado, que son menos aceptadas porque tienen espinas y su sabor es poco apetecible. La producción se realiza bajo riego, fertilización y podas. Se cosechan 2 000 t durante el verano austral, de diciembre a abril, que se comercializan en los mercados locales y en el mercado central de Buenos Aires, en cajas de madera o cartón con capacidad de 6 kg. Los precios por caja varían de 10 a 12 dólares durante febrero y decrecen hasta 8 dólares de marzo a abril, en tanto que los precios al público varían de un máximo de 4 dólares a un mínimo de 2.5 por kg. Se considera que el mercado interno está insatisfecho, a pesar de que en parte es abastecido por los productores chilenos, y que el potencial de plantación de nopal tunero es de 10 000 ha (Ochoa, 1995).

Argentina tiene potencial como exportador, debido a que produce en el verano austral y puede concurrir a los mercados del hemisferio norte.

6.7. Colombia

En el departamento de Antioquia existen 150 ha de nopal tunero en el valle de Cauca y con su producción concurren a los mercados de Alemania, Inglaterra y Japón.

7. EL MERCADO DE LA TUNA EN MÉXICO

7.1. Zonas de Producción

En México existen tres zonas productoras de tuna: La sur, integrada por el estado de Puebla, la centro, conformada por los estados de México e Hidalgo y la centro-norte, que comprende los estados de Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes, San Luis Potosí y Zacatecas. Además, existen pequeñas superficies dispersas en otros estados que también producen tuna, pero en baja escala. Las características de las tres principales zonas de producción se presentan en el Cuadro 7.1.

Cuadro 7.1. Características de producción de tuna de las tres zonas principales de México

Características	Zona		
	Puebla	México-Hidalgo	Centro-norte
Sistemas	Semi-intensivo	Intensivo	Extensivo
Suelos:			
Tipo	Cambisoles Regosoles	Feozem Vertisol	Xerosol, Feozem y Plañoslo
Textura	Arenosa a Franco	Media con duripán	Media a ligeramente arcillosa
Profundidad	>50 cm	20 a 100 cm	20 a 80 cm
PH	Acido	Acido a ligeramente alcalino	Acido a ligeramente alcalino
Precipitación media anual (mm)	600 a 750	400 a 700	350 a 500
Temperatura media anual (°C)	13 a 15	14 a 18	16 a 18
Periodo de heladas	No hay	Noviembre a enero	Octubre a marzo
Fisiografía	Ladera y plano	Plano y ladera	Plano y ladera
Variedad de tuna	Villanueva	Alfajayucan	Burrona, Montesa, Cristalina, Picochulo, Roja pelona y Pepina.
Epoca de cosecha	Abril a agosto	Julio a septiembre	Agosto a octubre
Rendimientos (t/ha)	15 a 25	10 a 15	3 a 15
Nivel de manejo			
a) del suelo	Alto	Medio	Bajo
b) de la planta	Medio	Alto	Bajo
c) densidad de la plantación	Alto	Alto	Bajo
Nivel de uso:			
a) de insumos	Medio	Alto	Bajo
b) de materia orgánica	Medio	Alto	Bajo
c) de maquinaria	Bajo	Bajo	Alto
Otros:			
Tamaño de huerto (ha)	>2	< 5	3 a 200
Tipo de tenencia	Ejidal y pequeña propiedad	Pequeña propiedad y ejido	Pequeña propiedad y ejido

Fuente: Mondragón (1992), con modificaciones del autor.

En el Cuadro 7.1 se observa que existe una mayor precipitación pluvial en Puebla, intermedia en los estados de México e Hidalgo y menor en la región centro-norte, y que las temperaturas medias anuales son menores en Puebla, intermedias en los estados de México e Hidalgo y superiores en la región centro-norte. Asimismo, que los rendimientos son superiores en Puebla, intermedios en los estados de México e Hidalgo e inferiores en la región centro-norte.

7.2. Oferta

7.2.1. Volumen de producción

Las superficies, rendimientos medios y producción de tuna por región y estado, se muestran en el Cuadro 7.2.

Cuadro 7.2. Superficie, rendimientos medios y producción de tuna por estado, en las principales zonas productoras de México, 2002

Zona y estado	Superficie (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción toneladas (t)
Sur Puebla	3 500	20.00	70 000
Centro:			
México	15 000	10.00	150 000
Hidalgo	10 000	7.50	75 000
Centro-Norte:			
Zacatecas	16 000	6.00	96 000
San Luis Potosí	12 000	5.00	60 000
Guanajuato	3 000	3.00	9 000
Jalisco	2 000	4.00	8 000
Aguascalientes	1 000	1.50	1 500
Suma	34 000	5.13	174 500
Estados Dispersos			
Nuevo León	2 000	3.00	6 000
Durango	2 000	2.00	4 000
Querétaro	2 000	2.00	4 000
Tamaulipas	1 000	2.00	2 000
Coahuila	1 000	1.00	1 000
Oaxaca	700	5.00	3 500
Guerrero	300	1.00	300
Sinaloa	270	1.00	270
Tlaxcala	200	5.0	1 000
Veracruz	80	1.0	80
Baja California	60	1.0	60
Otros	390	1.0	390
Suma	10 000	2.00	20 000
TOTALES	72 500	6.75	489 500

Fuente: Elaborada por el autor con base en información de los DDR y productores.

7.2.2. Época de producción

En México se presentan dos problemas relacionados con la época de producción, el primero es que a pesar de que se cosecha tuna desde marzo hasta noviembre, la mayor parte, casi el 90% se cosecha en tres meses: julio, agosto y septiembre. El segundo problema reside en que la tuna debe competir con las otras frutas (uva, manzana, durazno, mango, guayaba) que se cosechan en México en la misma época, lo que provoca que a finales de junio bajen en los precios de la tuna.

7.3. Demanda

La demanda de tuna en México es diferente por región: es alta en los estados del centro, menor en los estados del norte y casi nula en los estados del sur y sureste.

En cuanto a la oferta, se considera que debido a la apertura comercial casi todas las frutas se encuentran en el mercado nacional los doce meses del año, pues cuando no hay producción en México de alguna fruta ésta se importa de EE.UU., Chile, Nueva Zelanda o de Europa, de manera que los consumidores disponen todo el año de casi todas las frutas, pero no en el caso de la tuna, por lo que es importante que se pudiera producir todo el año en México.

7.4. Precios

En este apartado se analizan los precios nominales y reales de la tuna en los tres principales mercados del país: Distrito Federal, Guadalajara y Monterrey. De la serie de Cuadros 7.3–7.8, donde se muestran estos precios para los tres principales mercados, se pueden destacar tres aspectos importantes:

- a. El corto tiempo de la oferta de tuna. Aunque en México se cosechan tunas desde marzo hasta diciembre (10 meses), los mayores volúmenes de cosecha se concentran en unos pocos meses. En el Distrito Federal en la mayoría de los años, la oferta de tuna cubre el periodo de julio a octubre; en Guadalajara, de junio a octubre, y en Monterrey de julio a noviembre. El SNIM sólo reporta precios, no volúmenes comercializados, pero es un hecho que en los primeros y los últimos meses del periodo de oferta los volúmenes son mucho menores que en el periodo intermedio.
- b. La curva de columpio que presentan los precios de la tuna. En todos los mercados, los precios al inicio y final de la temporada son más altos y en plena temporada bajan drásticamente.
- c. Los precios nominales promedio para la tuna se han incrementado de 1989 a 2002 en todos los mercados, sin embargo, en términos de precios reales se observa que cada vez los productores reciben menos por kilogramo de tuna (Figura 7.1).

Cuadro 7.3. Precios nominales mensuales de tuna en la Central de Abasto del Distrito Federal, 1989-2002 (\$/kg)

<i>Año</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Octubre</i>	<i>Promedio</i>
1989	---	---	1.10	0.90	1.43	1.14
1990	---	1.09	0.75	0.96	1.38	1.05
1991	---	1.44	1.00	1.74	---	1.39
1992	---	1.79	1.00	1.19	2.31	1.57
1993	2.34	1.88	0.94	1.46	2.00	1.72
1994	1.88	0.93	0.73	1.25	---	1.20
1995	---	1.57	1.14	1.91	---	1.54
1996	---	1.55	1.61	1.61	2.08	1.71
1997	---	1.59	1.29	1.83	2.33	1.76
1998	---	1.93	2.05	3.13	---	2.37
1999	---	3.03	1.72	2.29	3.55	2.65
2000	---	2.33	2.08	3.76	5.44	3.40
2001	---	3.19	2.37	3.54	---	3.03
2002	4.80	4.02	2.72	3.00	---	3.64

Fuente: Secretaría de Economía, Servicio Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM).

Cuadro 7.4. Precios reales mensuales de tuna en la Central de Abasto del Distrito Federal, 1989-2002 (\$/kg; base 2002=100)

<i>Año</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Octubre</i>	<i>Promedio</i>
1989	---	---	8.25	6.69	10.47	8.67
1990	---	6.49	4.39	5.54	7.85	6.30
1991	---	7.03	4.85	8.35	---	6.80
1992	---	7.56	4.20	4.95	9.55	6.65
1993	9.06	7.24	3.60	5.55	7.58	6.64
1994	6.81	3.35	2.62	4.45	---	4.33
1995	---	4.05	2.89	4.74	---	4.12
1996	---	3.05	3.13	3.08	3.93	3.40
1997	---	2.61	2.10	2.94	3.72	2.90
1998	---	2.75	2.89	4.34	---	3.37
1999	---	3.69	2.08	2.74	4.23	3.23
2000	---	2.60	2.31	4.14	5.95	3.79
2001	---	3.36	2.48	3.67	---	3.18
2002	4.80	4.01	2.70	---	---	3.64

Fuente: Secretaría de Economía, Servicio Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM).

Cuadro 7.5. Precios nominales mensuales de tuna en la Central de Abasto de Guadalajara, Jalisco, 1989-2002 (\$/kg)

<i>Año</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Octubre</i>	<i>Noviembre</i>	<i>Promedio</i>
1989	---	---	---	1.20	1.00	1.25	1.15
1990	---	1.03	1.03	1.14	1.05	0.75	1.00
1991	1.77	1.57	1.00	1.24	0.78	---	1.27
1992	---	1.76	0.97	0.96	1.02	1.20	1.18
1993	---	1.52	1.07	1.03	0.80	---	1.11
1994	1.44	1.07	0.69	0.89	0.88	---	0.99
1995	---	1.57	1.25	1.22	---	---	1.35
1996	2.38	1.69	1.57	1.47	1.31	---	1.68
1997	---	2.40	1.43	1.60	2.15	---	1.90
1998	2.89	2.07	1.83	3.47	---	---	2.57
1999	6.10	3.85	3.15	1.89	4.33	---	5.92
2000	4.80	3.09	2.11	3.16	4.32	---	3.50
2001	3.43	2.63	1.79	2.20	---	---	2.51
2002	3.60	3.10	2.55	2.70*	---	---	2.24

* Sólo dos semanas de septiembre de 2002.

Fuente: Secretaría de Economía, Servicio Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM).

Cuadro 7.6. Precios reales mensuales de tuna en la Central de Abasto de Guadalajara, Jalisco, 1989-2002 (\$/kg; base 2002=100)

<i>Año</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Octubre</i>	<i>Noviembre</i>	<i>Promedio</i>
1989	---	---	---	8.91	7.32	9.02	8.74
1990	---	6.13	6.03	6.58	5.98	4.16	6.00
1991	8.72	7.67	4.85	5.95	3.70	---	6.22
1992	---	7.44	4.07	4.00	4.22	4.92	5.00
1993	---	5.85	4.10	3.92	3.03	---	4.29
1994	5.22	3.86	2.48	3.17	3.12	---	3.57
1995	---	4.05	3.17	3.03	---	---	3.61
1996	4.75	3.32	3.05	2.81	2.47	---	3.34
1997	---	3.94	2.33	2.57	3.43	---	3.13
1998	4.15	2.95	2.58	4.82	---	---	3.66
1999	7.47	4.68	3.81	2.26	5.16	---	7.23
2000	5.37	3.45	2.34	3.48	4.72	---	3.90
2001	3.60	2.77	1.87	2.28	---	---	2.63
2002	3.60	3.09	2.54	2.68 *	---	---	2.22

* Sólo dos semanas de septiembre de 2002.

Fuente: Secretaría de Economía, Servicio Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM).

Cuadro 7.7. Precios nominales mensuales de tuna en la Central de Abasto de San Nicolás de los Garza, Nuevo León, 1989-2002 (\$/kg)

<i>Año</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Octubre</i>	<i>Noviembre</i>	<i>Diciembre</i>	<i>Promedio</i>
1989	---	2.40	1.21	0.84	1.01	1.24	---	1.34
1990	2.16	1.77	1.27	1.39	1.61	---	---	1.64
1991	---	1.89	1.50	1.71	1.53	---	---	1.66
1992	---	2.39	1.51	1.39	1.36	1.60	1.40	1.61
1993	---	2.09	1.46	1.41	1.25	1.24	1.67	1.52
1994	2.98	1.86	1.36	1.33	1.80	---	---	1.87
1995	---	1.96	1.49	1.28	1.42	1.71	1.80	1.61
1996	---	2.26	1.86	1.96	2.50	3.20	---	2.36
1997	4.13	2.27	1.67	1.72	1.76	1.90	---	2.24
1998	3.80	2.24	2.29	3.03	3.25	---	---	2.92
1999	---	4.64	1.96	2.34	3.08	---	---	3.01
2000	5.30	3.13	2.29	3.20	4.80	---	---	3.74
2001	---	5.53	4.93	4.19	---	---	---	4.88
2002	---	3.79	2.79	2.15	---	---	---	2.91

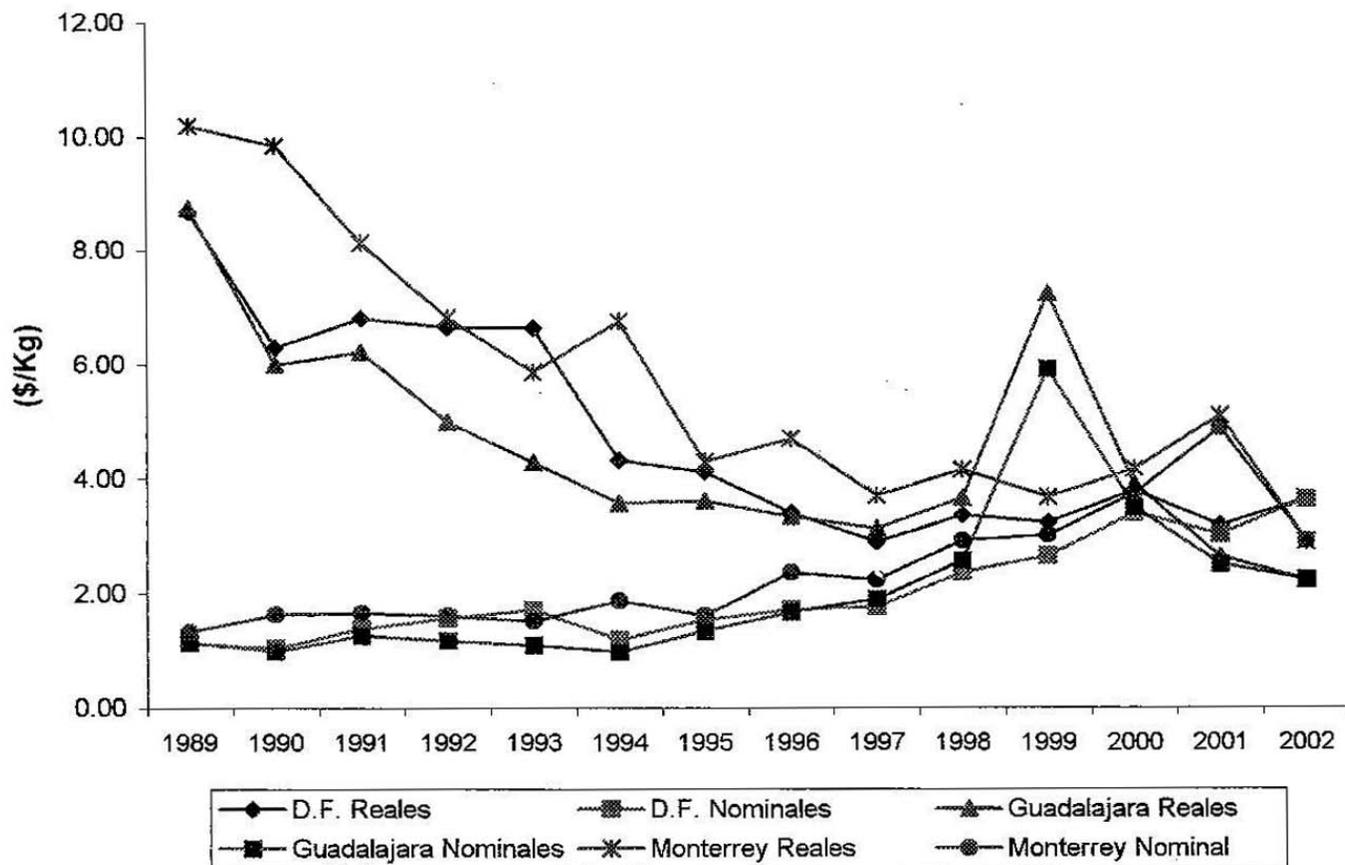
Fuente: Secretaría de Economía, Servicio Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM).

Cuadro 7.8. Precios reales mensuales de tuna en la Central de Abastos de San Nicolás de los Garza, Nuevo León, 1989-2002 (\$/kg; base 2002=100)

<i>Año</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Octubre</i>	<i>Noviembre</i>	<i>Diciembre</i>	<i>Promedio</i>
1989	---	18.17	9.08	6.24	7.39	8.95	---	10.19
1990	13.10	10.54	7.44	8.03	9.16	---	---	9.80
1991	---	9.23	7.27	8.21	7.26	---	---	8.10
1992	---	10.10	6.34	5.79	5.62	6.56	5.66	6.80
1993	---	8.05	5.59	5.36	4.73	4.68	6.25	5.80
1994	10.79	6.71	4.88	4.74	6.38	---	---	6.70
1995	---	5.05	3.78	3.18	3.46	4.06	4.14	4.30
1996	---	4.45	3.61	3.75	4.72	5.95	---	4.70
1997	6.85	3.73	2.72	2.77	2.81	3.00	---	3.70
1998	5.46	3.19	3.23	4.21	4.45	---	---	4.10
1999	---	5.65	2.37	2.80	3.67	---	---	3.60
2000	5.93	3.49	2.54	3.52	5.25	---	---	4.10
2001	---	5.82	5.16	4.35	---	---	---	5.10
2002	---	3.78	2.77	2.15	---	---	---	2.90

Fuente: Secretaría de Economía, Servicio Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM).

Figura 7.1. Precios nominales y reales, promedios anuales, de tuna por kilogramo en tres centrales de abasto del país, 1989-2000



7.5. Canales de comercialización

La comercialización de tuna, al igual que otras frutas en México, tiene una cadena de comercialización que incluye demasiados intermediarios, lo que resulta en precios bajos al productor y precios altos al consumidor. Son mínimos los productores individuales u organizados que participan activamente en la comercialización de su producción de tuna, la mayoría vende su producción en la huerta o en el mercado local. En las Figuras 7.2, 7.3 y 7.4 se presentan los canales de comercialización de la tuna en las tres principales regiones productoras.

Figura 7.2. Canales de comercialización de la producción de tuna de Villanueva, Puebla.

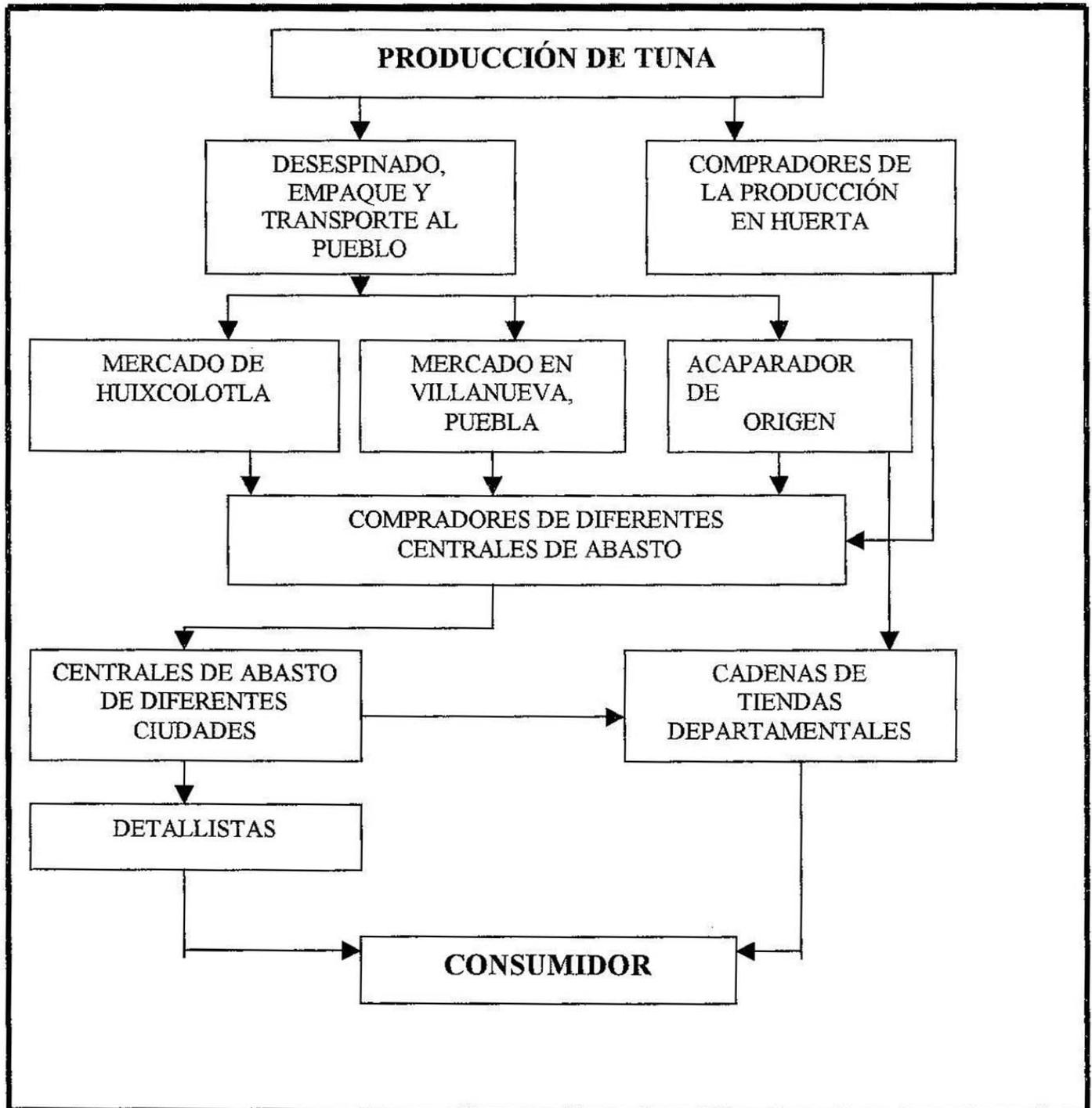


Figura 7.3. Canales de comercialización de la producción de tuna en la Región de las Pirámides, Estado de México

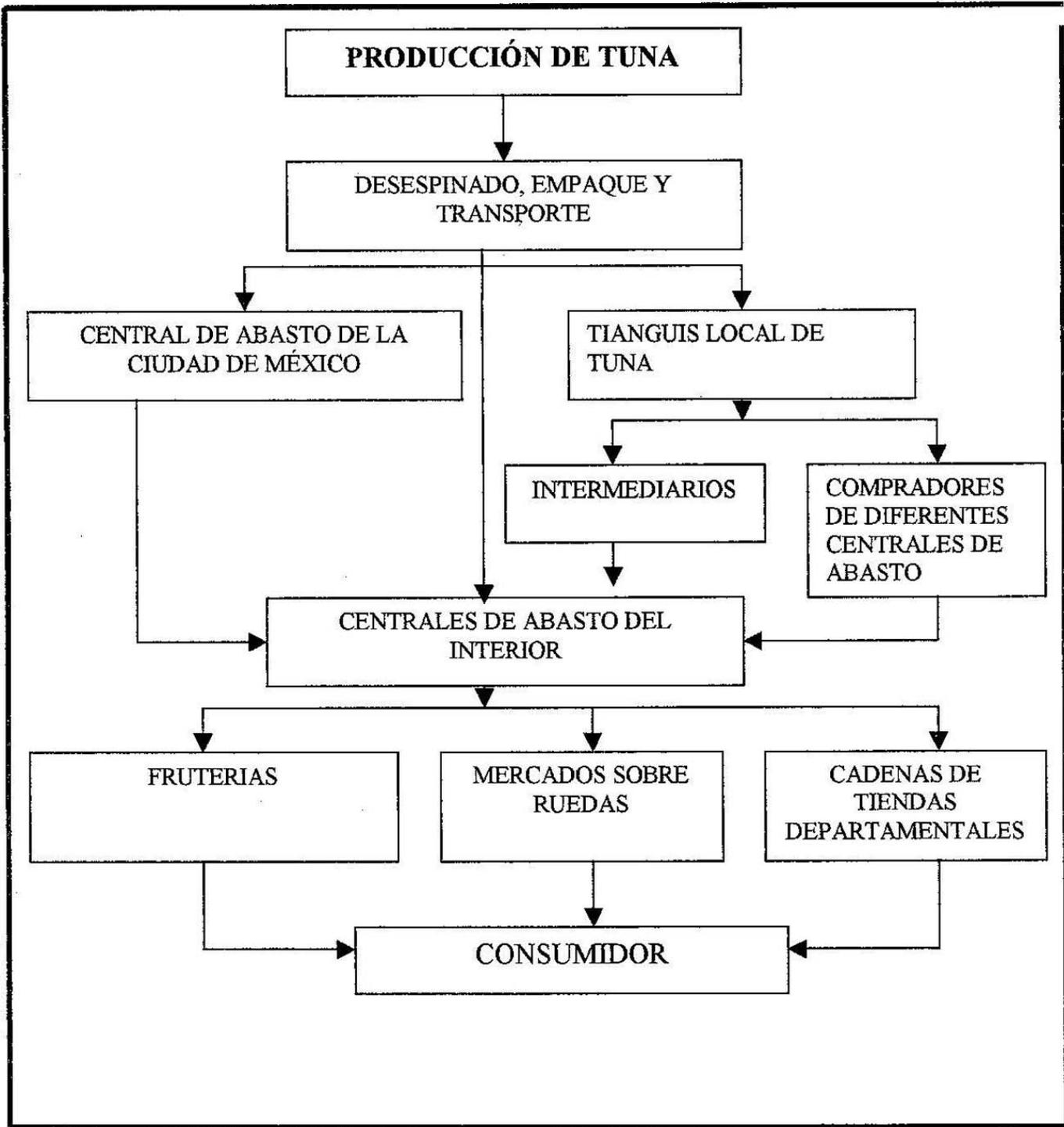
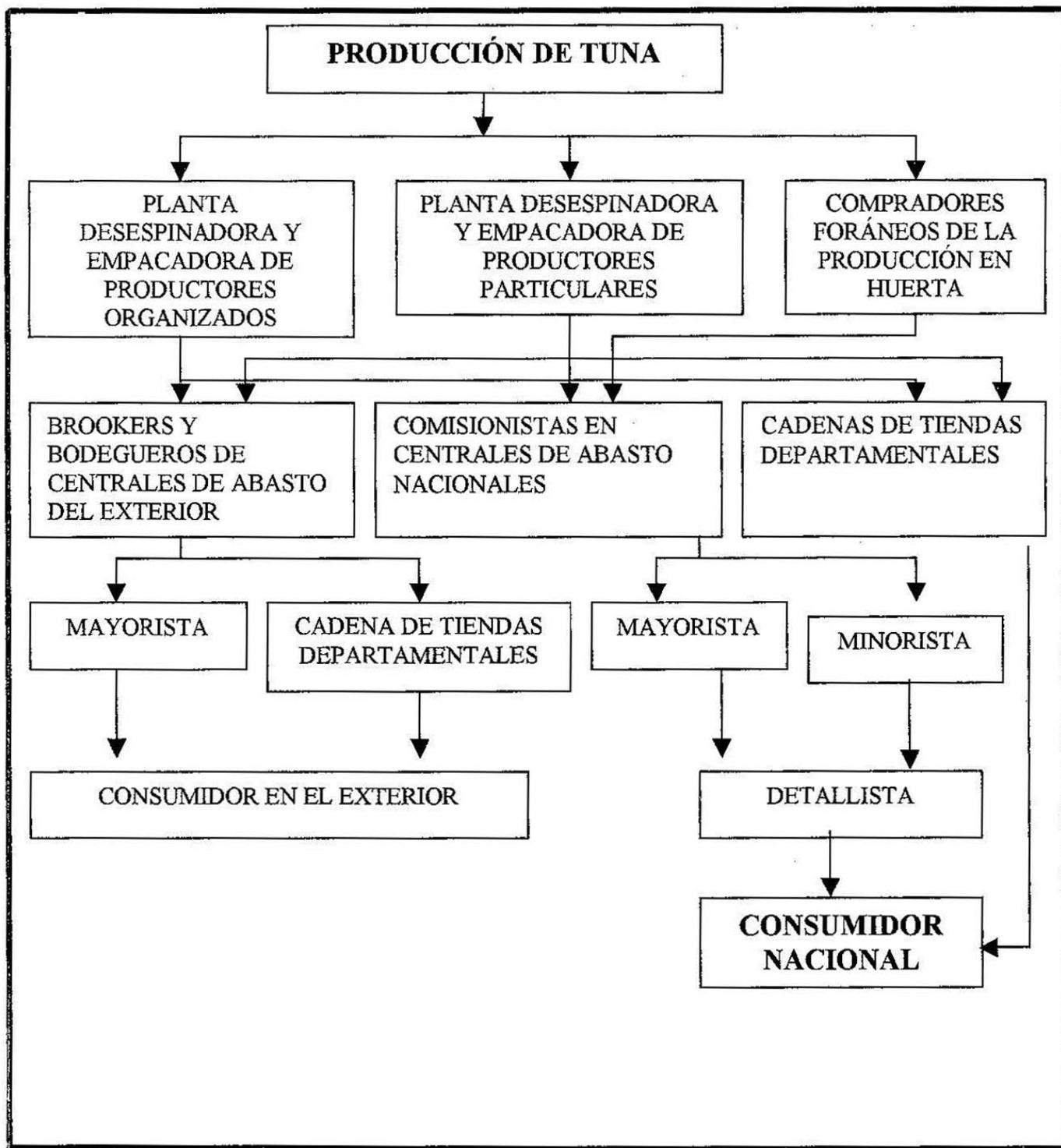


Figura 7.4. Canales de comercialización de la tuna en la región centro-norte de México



8. EXPORTACIÓN DE TUNA MEXICANA

8.1. Volúmenes y valor de las exportaciones

En el Cuadro 8.1. se presentan los volúmenes de las exportaciones mexicanas de tuna por país de destino para el periodo 1991-1997.

Cuadro 8.1. Volumen de las exportaciones mexicanas de tuna por país de destino (t)

<i>País de destino</i>	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Alemania, Rep. Fed de	0	0.012	0	0.010	0	0	0
Belice	0	0	0.040	0	0	0	0
Brasil	0.020	0	0	0	0	0	0
Canadá	65.723	189.260	30.557	33.6	30.3	103.4	141.4
España	0	0	0	0	0	8.0	9.5
Estados Unidos	867.515	1 396.515	1 837.923	2 062.010	3 562.2	4 343.3	6 271.1
Francia	0	0.941	0.830	0.685	1.2	25.0	8.4
Japón	1.863	0.305	0.974	1.352	0.7	51.9	65.6
Reino Unido (nc.-Canal Islas)	0	0	0	0.010	0	1.1	2.6
Otros	0	0	0	0	0	0.2	4.5
Total	935.121	1 587.033	1 870.324	2 097.7	3 594.4	4 532.9	6 503.1

Fuente: BANCOMEXT.

En el Cuadro 8.1. se puede observar que para el año de 1997 el mayor porcentaje de tuna mexicana se exportó a Norteamérica (Estados Unidos, 96.43% y Canadá, 2.17%).

En el Cuadro 8.2. se presentan los valores de las exportaciones mexicanas de tuna por país de destino para el periodo 1991-1995.

Cuadro 8.2. Valor de las exportaciones de tuna mexicana por país destino, 1992-1995 (US/kg)

<i>País de destino</i>	1991	1992	1993	1994	1995
Alemania, Rep. Fed de	0	0.007	0	0.016	0
Belice	0	0	0.080	0	0
Brasil	0.2	0	0	0	0
Canadá	44.9	157.9	39.7	37.0	21.9
Estados Unidos	462.3	700.8	870.7	999.6	391.6
Francia	0	1.7	1.7	1.7	1.5
Japón	16.7	1.2	3.1	5.9	0.894
Reino Unido (nc.-Canal Islas)	0	0	0	0.016	0
Suiza	0	0	0	0	0.011
Total	523.129	861.446	915.286	1 044.193	415.931

Nota: Las exportaciones de 1995 son sólo hasta septiembre de 1995.

Fuente: BANCOMEXT.

En el cuadro anterior es notorio que el valor de las exportaciones de tuna de México a Estados Unidos para el año de 1995 representó 94.16% de total y para Canadá 5.27.

En el Cuadro 8.3. se presenta el valor promedio de las exportaciones de tuna por país de destino para el periodo 1991-1995.

Cuadro 8.3. Valor promedio de las exportaciones de tuna mexicana por país de destino (US\$/kg)

<i>País de destino</i>	<i>1991</i>	<i>1992</i>	<i>1993</i>	<i>1994</i>	<i>1995</i>
Alemania, Rep. Fed de	0.00	0.58	0.00	1.60	0.00
Belice	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00
Brasil	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Canadá	0.68	0.83	1.30	1.10	1.44
Estados Unidos	0.53	0.50	0.47	0.48	0.52
Francia	0.00	1.75	2.06	2.50	2.01
Japón	8.41	3.79	3.18	4.39	3.48
Reino Unido (nc.-Canal Islas)	0.00	0.00	0.00	1.60	0.00
Suiza	0.00	0.00	0.00	0.00	0.73
Total	0.56	0.54	0.49	0.50	0.55

Nota: Las exportaciones de 1995 son sólo hasta septiembre de 1995.

Fuente: BANCOMEXT.

En el Cuadro 8.3. puede notarse que el país al que México exportó la mayor cantidad de tuna (96%), es al que paga más barato (0.52 dólares por kilogramo) mientras que al que paga más caro, que es Japón (3.48 dólares por kilogramo), prácticamente no exportó en el periodo considerado.

8.2. Regulaciones arancelarias para la tuna en el TLCAN

Con la aprobación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, México resultó beneficiado con respecto a la tuna, como se puede constatar en el Cuadro 8.4. Las diferentes fracciones arancelarias con que se puede comercializar la tuna (fresca, en conserva o procesada), aparecen en cada celda: la clave de la fracción, el nombre, el impuesto que tenía (abajo a la izquierda) y la situación arancelaria en que quedó después de aprobar el Tratado (abajo a la derecha).

En México, las exportaciones de tuna más importantes son a Estados Unidos como fruta fresca (fracción 08.10.90.40), la cual tenía un impuesto de 3.4% *ad valorem* y pasaron, con la firma del Tratado, a un código de desgravación B, que implica que a partir del 1° de enero de 1998 tiene tasa cero de arancel. El calendario de desgravación es el siguiente:

<i>Año</i>	<i>Arancel</i>
1994	2.72
1995	2.04
1996	1.36
1997	0.68
1998	0.00

Para Canadá las exportaciones de tuna estaban libres de impuesto y así continuaron en el TLCAN.

Cuadro 8.4. La Tuna en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte

Fracción Arancelaria	Concepto	Exportaciones		Importaciones	
		a EE.UU.	a Canadá	de EE.UU.	de Canadá
08.10	Los demás frutos frescos	08.10.90.40 Otros 3.4% B	08.10.90.90 Otros Free D	08.10.90.99 Los demás 20.0% A	08.10.90.99 Los demás 20.0% A
08.11	Frutos sin cocer o cocinados con agua o vapor, con o sin adición de azúcar u otros edulcorantes.	08.11.90.80 Otros 17% B	08.11.90.90 Otros 5% B	08.11.90.90 Los demás 20.0% A	08.11.90.99 Los demás 20.0% A
08.12	Frutos y nueces provisionalmente preservados pero no aptos para su consumo inmediato	08.12.90.90 Otros US \$0.2 kg A	08.12.90.10 Prickly pears Free D	08.02.90.99 Los demás 20.0% A	08.12.90.99 Los demás 20.0% A
20.06	Frutos, nueces, cortezas de frutos y otras partes de plantas preservadas con azúcar (almibares, glaseadas y cristalizadas)	20.06.00.90 Otros 20% A	20.06.00.90 Otros Free D	20.04.90.99 Los demás 17.5% C	20.06.00.01 Los demás 20.0% B
20.07	Confituras, jaleas, mermeladas, purés y pastas de frutos obtenidos con adición de azúcar u otros edulcorantes.	20.07.99.75 Otros 7% A	20.07.99.90 5% B	20.07.10.01 Los demás 20.0 20.07.99.01 .02 .03(para diabéticos)	20.07.10.01 Los demás 20.0 20.07.99.01 .02 .03(para diabéticos)
20.08	Frutos, nueces y otras partes de plantas preparados o conservados de otra forma, incluso con adición de azúcar, de otros edulcorantes o de alcohol, no expresados ni comprendidos en otra parte.	20.08.99.90 Otros 7% A	20.08.92.10 Prickly pear Free D	20.08.99.99 Los demás 20.0% B	20.08.99.99 Los demás 20.0% B
20.09	Jugos de frutas o vegetales no fortificados con vitaminas o minerales, no fermentados y sin alcohol, con o sin adición de azúcar u otro edulcorante, no expresado ni comprendido en otra parte	20.09.80.60 Otros 0.8 cent/kg A	20.09.08.01 Otros 5% B	20.09.08.01 Los demás 20.0% B	20.09.08.01 Los demás 20.0% B

Fuente: SECOFI (1994a, b y c).

Las categorías de desgravación se expresan mediante los siguientes códigos:

- CODIGO A:** Desgravación inmediata. Los bienes comprendidos en la fracción arancelaria correspondiente quedarán libres de arancel a partir de la fecha de inicio de la vigencia del TLCAN (1° de enero de 1994).
- CODIGO B:** Desgravación en cinco etapas anuales iguales, comenzando el 1° de enero de 1994, de tal manera que el producto en cuestión quede libre de arancel el 1° de enero de 1998.
- CODIGO C:** Desgravación en diez etapas anuales iguales, comenzando el 1° de enero de 1994, de tal manera que el producto en cuestión quede libre de arancel a partir del 1° de enero de 2003.
- CODIGO D:** Este Código indica que el producto se encontraba libre de arancel cuando se llevó a cabo la negociación, situación que se consolidará para todos los bienes originarios a partir de la entrada en vigor del Tratado, prevista para el 1° de enero de 1994.

8.3. Nombres de la tuna en diferentes países

En el Cuadro 8.5. aparecen los nombres que recibe la tuna en diferentes países.

Cuadro 8.5. Nombres de la tuna en diferentes países

<i>Pais</i>	<i>Nombre de la tuna</i>
EE.UU.	Prickly pear Cactus pear Cactus fruit (Economic Research Service USDA)
ITALIA Sicilia Cerdeña	Fico d'India Figo morisca
FRANCIA	Fig della barbarie
ESPAÑA	Higo Chumbo
CHILE	Tuna
ÁFRICA DEL SUR	Cactus pear Turksupurug
ISRAEL	Tzabar
ALEMANIA	Kaktusfeigen

Fuente: Flores *et al.* (1997).

Como se observa en el Cuadro 8.5, muchos de los nombres que recibe la tuna en diversos países son despectivos, por ejemplo, traducidos al español: en Estados Unidos, se llama “pera espinosa”; en Italia, “higo de india” o “higo de los moros”; en Francia, “higo de los bárbaros”, y en casi todos los demás “pera de cactus” o “fruto de cactus”. De cualquier manera, en el extranjero no se debe usar el término “tuna”, sobre todo en países de habla inglesa, para evitar confusión con la voz “tuny”, que significa atún.

9. LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA TUNA

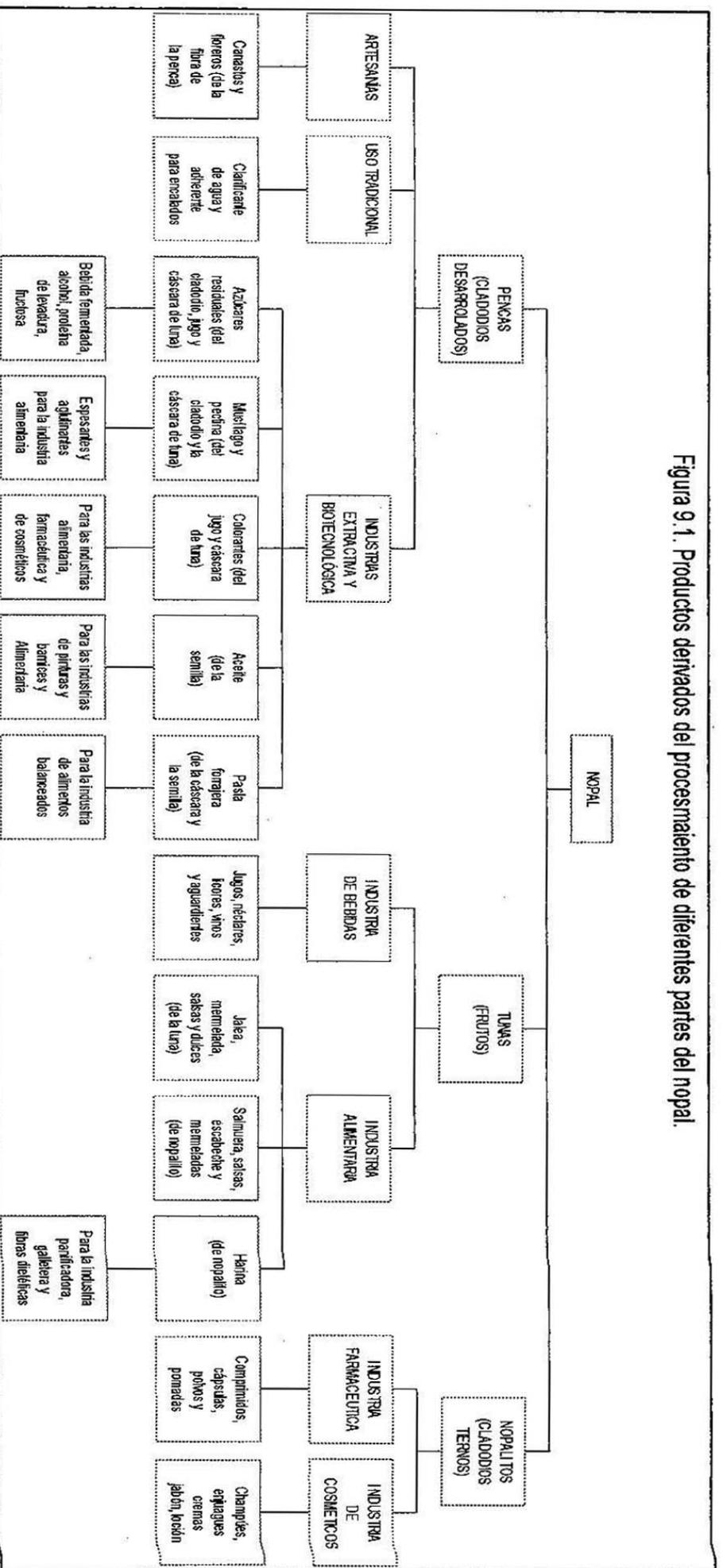
De la industrialización del nopal (pencas, frutas y nopalitas) se deriva una gran cantidad de productos (Figura 9.1). La tuna se utiliza para elaborar productos en las industrias extractiva y biotecnológica, en la de bebidas, en la alimentaria, en la farmacéutica y en la de cosméticos.

9.1. Productos de la tuna en las industrias extractiva y biotecnológica

- Azúcares residuales (del jugo y la cáscara)
- Mucílago y pectina (de la cáscara)
- Colorantes (del jugo y la cáscara)
- Aceite (de la semilla)
- Pasta forrajera (de la cáscara y la semilla)

Todos estos productos se han obtenido experimentalmente en laboratorio. Se desconoce la existencia, en México y en el mundo, de alguna fábrica que obtenga alguno de estos productos a escala comercial.

Figura 9.1. Productos derivados del procesamiento de diferentes partes del nopal.



Fuente: Corrales y Flores (2000).

9.2. Productos de la tuna en la industria de bebidas

A base de tuna es posible elaborar diferentes bebidas, como las siguientes:

- *Jugos*. En la mayoría de los países productores de tuna (México, Chile, EE.UU., Italia, Israel, África del Sur, etc.) se consume el jugo de tuna fresco y sólo experimentalmente en laboratorio se ha pasteurizado y envasado, para lo cual se requiere, al momento de calentar, utilizar un recuperador de aromas, ya que de otra manera sólo se obtiene un jugo azucarado con sabor a tuna.
- *Néctares*. Es un concentrado de jugo que se elabora en EE.UU. con tuna roja y se utiliza para preparar el “rita-tuna”, que es un coctel “margarita” a base de tequila y néctar de tuna.
- *Licores*. Son bebidas preparadas de tuna con alcohol, azúcar y agua. En México existe una gran tradición en la preparación de licores de diversas frutas y follajes, aunque los de tuna no son comunes, sólo se preparan de manera limitada en las zonas productoras de tuna.
- *Vinos*. Se obtienen fermentando el jugo de tuna. En México se elabora artesanalmente el colonche, usando la tuna roja cardona, recolectada en las nopaleras silvestres. En otros países, como Perú, se elaboran vinos a escala comercial, sin embargo, en México y Chile se producen a nivel casero.

9.3. Productos de la tuna en la industria alimentaria

De la tuna se elabora en la industria alimentaria una serie de productos como los siguientes:

- *Mermeladas y jaleas*. Son concentrados de pulpa y jugo de tuna, en ocasiones con adición de pectinas, ácido cítrico, azúcares y conservadores. En México se elabora artesanalmente el queso de tuna y la melcocha, con la tuna cardona. En otros países, como Italia, Israel, España, África del Sur, Perú, Chile, Argentina, Túnez, etc., se elaboran comercialmente mermeladas de tuna.
- *Salsas*. Son elaboradas a base de jugo y pulpa de tuna, aunque también de la cáscara sin epidermis, sobre todo de xoconostle (tuna ácida) adicionándole chile, cebolla, vinagre y especias, todo molido o picado, en ocasiones se adicionan conservadores. En México se producen salsas a nivel casero y semicomercial, y comercialmente en Estados Unidos.
- *Dulces de tuna*. En estos productos, elaborados con azúcar, la diversidad es muy grande: caramelos, jaleas, gomitas, laminillas, confitados, palanquetas, almíbares, etc. Se fabrican en Italia, Estados Unidos, México, Chile y Perú, entre otros países.

10. MATRIZ DAFO DE LA TUNA

La Matriz DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) es una técnica que permite analizar de manera sucinta la situación de un sistema-producto a escala nacional e internacional, y en consecuencia enumerar sus ventajas y desventajas.

Matriz DAFO

	<i>Ambito</i>	
	<i>Nacional</i>	<i>Internacional</i>
Desventajas	Debilidades	Amenazas
Ventajas	Fortalezas	Oportunidades

A continuación se precisan las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de la producción de tuna en México, que se definieron en el momento en que se desarrolló la Matriz (2000).

10.1. Debilidades

- Variedades con cáscara y pulpa blanca.
- Variedades espinosas.
- En el sur y centro del país, densidades inadecuadas (4 x 4m) para la mecanización del cultivo.
- Cultivo de temporal en zonas con heladas tardías y tempranas.
- Concentración de la producción en pocos meses.
- Desatención de las huertas (cultivos, podas, abonado, fertilización, combate de plagas y enfermedades, aclareo, forzamiento de la fructificación, etcétera).
- Desespinado manual y mecánico con diferentes calidades.
- Empaque poco estandarizado.
- Comercialización deficiente.

10.2. Amenazas

- Producción con mayor tecnificación en otros países (Italia, Sudáfrica, Israel, Chile, Argentina, EE.UU.).
- Desarrollo de la producción de tuna en otros países (Colombia, Perú, Bolivia, España, Marruecos, Túnez, Argelia, Libia, Siria, Jordania, Egipto, etc.).

10.3. Fortalezas

- Gran riqueza de variedades, incluyendo colores (blancas, rojas, amarillas, anaranjadas, etc.) y ausencia de espinas.
- Conocimiento de la producción de parte de los productores y los técnicos.

- Posibilidades de producir doce meses al año.
- Organización de los productores (Consejo Mexicano del Nopal y la Tuna).
- Menores costos de producción que en otros países.
- Posibilidad de producir tuna sin semilla.
- Un nuevo gobierno de un partido diferente al tradicional, que posibilitará el desarrollo de empresas en el campo.

10.4. Oportunidades

- Un mercado en expansión para frutales novedosos.

11. PROPUESTA DE UN PROGRAMA PARA EL DESARROLLO DE LA CADENA AGROALIMENTARIA DE LA TUNA

El objetivo debe ser que México se convierta en líder del mercado internacional de la tuna.

Para lograr este objetivo son necesarias tres condiciones (Flores, 1999):

- a. Se requiere implementar un programa de desarrollo a largo plazo. Los países que son líderes mundiales en un producto (Colombia, con café; Brasil, en cítricos; Nueva Zelanda, con kiwi; Holanda, en ornamentales, etc.), les ha llevado varias décadas lograrlo.
- b. El programa de desarrollo deberá contemplar y fortalecer todas las fases del sistema producto: producción, cosecha, desespinado, empaque, comercialización, mercadotecnia, industrialización y organización. Si alguna de las fases no fuera atendida se constituiría en un eslabón débil de la cadena que podría hacer fracasar al programa.
- c. El programa de desarrollo requiere de la participación decidida, continua y comprometida de productores, comercializadores, investigadores y funcionarios de gobierno.

Para que los productores mexicanos se conviertan en líderes del mercado mundial de la tuna se requiere: *i*) producir lo que el comprador demanda, *ii*) producir fruta de calidad, *iii*) producir con costos competitivos.

Los objetivos y estrategias para cada fase de la cadena agroalimentaria se presentan a continuación, tal y como fueron desarrollados por Flores *et al.* (1997).

11.1. Objetivos y estrategias para incrementar la producción de tuna

Objetivos

Se parte del objetivo general de incrementar los ingresos de productores y sus familias en el medio rural, así como generar empleos y divisas para el país. Los objetivos específicos serían los siguientes:

- Incrementar los rendimientos en 60% en cinco años, para aumentar el promedio nacional a 10 t/ha.
- Disminuir el uso de abonos, complementándolos adecuadamente con fertilizantes químicos.
- Uso de pesticidas con menor efecto residual y de menor costo.
- Manipular la época de cosecha, adelantando y retrasando para producir fuera de temporada.
- Desarrollo de maquinaria y equipo adecuados para la producción y manejo de la tuna.
- Desarrollar métodos de evaluación económica para determinar el impacto de las innovaciones tecnológicas en los costos y la rentabilidad del cultivo, a escala regional, nacional e internacional.
- Realizar estudios para desarrollar mercados. Será esta área la que retroalimente las actividades de los otros aspectos de la investigación.

Estrategias

- Transferencia tecnológica. Hay que ampliar y fortalecer los servicios de asistencia técnica que permitan establecer el puente entre las universidades y los institutos de investigación y los productores. Estas tareas no las pueden desempeñar los productores ni los que se dedican a investigar.
- Aplicación de paquetes tecnológicos. Existen paquetes tecnológicos desarrollados por las universidades e institutos de investigación que no han sido adoptados por la gran mayoría de los productores. Para la introducción de nuevas prácticas en mayor cantidad y en el tiempo adecuado (por ejemplo, realizar el abonado y la fertilización, la poda, el combate de plagas y enfermedades y la cosecha adecuadamente), se propone intensificar las actividades de promoción en la región centro-norte, donde se supone habrá mayor receptividad por parte de los productores y sus organizaciones.
- Rehabilitación de plantaciones. Dadas las condiciones actuales de producción y mercado, la estrategia más aconsejable es la rehabilitación de las plantaciones existentes en vez de establecer plantaciones nuevas. Esto es válido en la totalidad de las zonas productoras, aunque con mayor significado en la región centro-norte. Se propone rehabilitar 45 000 ha en todo el país. La estrategia sería iniciar con

3 000 ha el primer año y el incremento anual lo irá fijando el crecimiento futuro de la demanda del producto.

- **Financiamiento.** Se requiere establecer líneas de crédito para rehabilitar y establecer plantaciones, y para el avío de la producción anual. La aplicación de estos recursos debe hacerse en función de la rentabilidad esperada de los proyectos e induciendo paralelamente la introducción de nuevas tecnologías.
- **Organización de productores.** Se requiere promover y consolidar organizaciones eficientes y eficaces, que sean honestas y que promuevan el desarrollo tecnológico, los mercados y la exportación. Las organizaciones deben consolidarse a través de estructuras de operación adecuadas, contando con el personal profesional que se requiera para el cumplimiento cabal de las funciones de las organizaciones.
- **Información.** Es necesario desarrollar todo un sistema de información sobre superficies de producción, de productores e infraestructura, de tecnologías disponibles, mercados, precios en México y en el mundo, y ponerlo a disposición de productores, comercializadores, investigadores y funcionarios públicos.

11.2. Objetivos y estrategias para hacer eficiente el proceso de industrialización de la tuna

Objetivos

- Mejorar los procesos de desespinado y empaque del producto.
- Ampliar y estandarizar los procesos de industrialización de la tuna.
- Desarrollar técnicas de conservación en fresco, para ampliar la temporada de oferta.
- Mejorar la presentación del producto procesado.

Estrategias

- Para el mejoramiento de los procesos de desespinado y empaque de la tuna se propone promover la eliminación parcial o total de los aguates, preferentemente desde poco antes de la cosecha (por métodos químicos), con lo cual, de lograrse, se tendrían enormes ventajas, tanto de manejo del producto en poscosecha como de su calidad final. También sería recomendable mejorar el proceso de desespinado en poscosecha. Esto primeramente se lograría promoviendo el desespinado mecánico a nivel general y paralelamente recomendar que se hagan los cambios y ajustes necesarios a las máquinas que ya existen y, con base en las experiencias anteriores, promover el desarrollo de nuevas máquinas con un mejor diseño (preferentemente ingenieril). Por otro lado, se propone combinar la acción de desespinado con una de preenfriamiento (aire frío forzado) técnica muy efectiva y ampliamente usada en otras frutas, que se aplica después de la cosecha para la eliminación inmediata del calor de campo en el producto, con lo cual se

logra abatir considerablemente su perecibilidad. La acción del aire frío tendría además el efecto mecánico necesario para remover parcial o totalmente los aguates.

- **Ampliar los procesos de industrialización de la tuna.** Como alternativas para el procesamiento industrial de la tuna, entre otras cosas se propone desarrollar las nuevas tecnologías conocidas, como precortado y procesamiento mínimo, que ya han probado su éxito, además de su amplia aplicación en otros productos hortofrutícolas (col, zanahoria, lechuga, etc.) en países como Estados Unidos. La extracción de jugo de tuna es una gran opción que se puede desarrollar, porque el jugo presenta ventajas para el consumidor, ya que evita el riesgo de los aguates y la incomodidad que representan la cáscara y las semillas presentes en el fruto fresco en el consumo de éste. Los problemas de clarificación y estabilidad pueden resolverse. Al mismo tiempo es factible desarrollar el producto (jugo) con una nueva presentación: concentrado y congelado.
- **Desarrollar técnicas de conservación de la tuna para ampliar la temporada de oferta.** Se propone aplicar y mejorar las técnicas de frigoconservación y del almacenamiento refrigerado en atmósferas controladas o modificadas, con lo cual se tienen mayores ventajas y posibilidades de éxito en la comercialización, al ofrecer la tuna en los meses en que no hay oferta, además de que se obtiene un producto de mejor calidad. El fruto de la tuna es susceptible a daños por frío, lo que implica buscar, mediante investigación, las temperaturas y periodos de frigoconservación idóneas para cada variedad. De cualquier manera, no se pueden almacenar las tunas a menos de 8° C por periodos prolongados (Andrade y Bernabé, 1995).
- **Mejorar la presentación del producto procesado.** Una opción moderna es la utilización de charolas de empaque en cajas adecuadas. Se deben usar envolturas individuales para cada fruta con instrucciones impresas de cómo remover la cáscara y consumir la tuna. Adicionalmente se sugiere que cada fruta lleve adherido el logotipo que debe desarrollar cada empresa. En cuanto a los productos industrializados, se ha notado que la presentación de los productos de tuna mexicanos dejan mucho que desear al utilizar frascos de segunda, sin etiquetas adecuadas, etc., en cambio, los productos elaborados en otros países, como Italia, Argentina y EE.UU., están mucho mejor presentados.

11.3. Objetivos y estrategias para mejorar la comercialización de la tuna en el mercado nacional e internacional

Objetivos

- Ampliar el mercado doméstico.
- Mejorar el porcentaje que recibe el productor del precio final.
- Alcanzar un mejor posicionamiento de México en el mercado mundial de la tuna.

Estrategias

- Hacer eficiente el proceso de comercialización de un producto perecedero tiene como objetivo final beneficiar a los productores, por un lado, y a los consumidores, por el otro. Para los productores esto significa obtener mejores precios para sus productos, ampliar sus mercados y tener mayor seguridad en los procesos de venta. Para el consumidor implica disponer de un producto de mejor calidad, en cualquier lugar y en todo tiempo, y finalmente que los precios del producto sean accesibles y competitivos.

Se han detectado numerosos problemas en la comercialización, que fueron detallados en los apartados anteriores de este capítulo. Muchos de estos problemas son susceptibles de solución, pero ello requerirá de prolongados esfuerzos y de la acción concertada de productores, organizaciones, comerciantes, transportistas, etc., así como de la voluntad política de los gobiernos estatales y federales y la participación del sector académico y científico.

- Desarrollo de empresas comercializadoras. El concepto de estas empresas ya se conoce en México y se está desarrollando en algunas regiones del país. Se trata de que los productores y demás agentes del proceso de comercialización participen directamente en la comercialización de la tuna y su mercadotecnia. De esta manera se confiere eficiencia al proceso, reduciendo intermediarios, asegurando calidad del producto y el ingreso de los agentes que participan.
- Desarrollo del mercado interno para la tuna. Para muchos, antes que la exportación de la fruta debe fomentarse el consumo de la tuna en el mercado doméstico. En efecto, en México el consumo de tuna per cápita es todavía bajo (3.62 kg/año). Existen aún numerosos grupos de población en determinadas regiones y en ciertos grupos de ingresos que casi no la consumen. Se pueden citar, por ejemplo, las ciudades del interior de la república, los centros turísticos en las costas y los grupos de ingresos medio-alto y alto de las áreas urbanas.
- Ampliar la infraestructura de frío especializado. Esta infraestructura es esencial para mantener la calidad del producto y sobre todo para ampliar la época de oferta de la tuna. Se requiere ofrecer tuna los 12 meses del año, como en muchas de otras frutas. La opción más viable es la frigoconservación.

Con este mismo fin se debe mover la época de producción en tierras con riego y en zonas libres de heladas, como es el caso del Cañón de Juchipila en Zacatecas, el sureste del estado de México y los Valles de la Costa de Ensenada en Baja California. De esta manera se podría tener oferta de noviembre a marzo.

En cuanto a infraestructura, también es recomendable acondicionar los lugares en donde se realizan los tianguis tuneros en los estados de México y Puebla. Deben acondicionarse con pavimento, drenaje, luz, agua, baños y, lo más importante, contar con techo que proporcione sombra, para que el producto no se caliente con el sol.

- Ampliación de las exportaciones de tuna. México puede ampliar significativamente sus exportaciones a los países que integran el TLCAN. En primera instancia, ampliar la oferta a los consumidores de origen mexicano que residen en esos países y, en una segunda, a los segmentos de consumidores de otros orígenes.

En el mercado europeo se pueden abrir ciertas ventanas que no están siendo cubiertas, como las correspondientes a la tuna de primavera.

Existen mercados emergentes, como los de países de la Cuenca del Pacífico, de altos ingresos, que están aceptando productos nuevos y frutas exóticas, en los que se debe implementar una política agresiva de promoción.

11.4. Estrategias para ampliar el mercado nacional e internacional de la tuna mexicana

11.4.1. Estrategia para la introducción y posicionamiento del producto en los diferentes mercados de consumo

El objetivo general de esta estrategia de comercialización es expandir la demanda de tuna en determinados mercados meta.

En el diseño de las estrategias particulares se ha considerado conveniente separar los mercados nacionales de los del exterior. Para cada uno de éstos se proponen cuatro mercados meta específicos, los cuales se han determinado en función del menor tiempo en que se obtendrían resultados.

Para cada mercado meta se definieron: las plazas, los mercados corporativos y el sector de consumidores finales. Con esa base se definió toda la estrategia de comercialización para cada mercado meta. Se consideró la estrategia que requiere la tuna como producto nacional y no la de comercialización a escala de empresa comercializadora.

Mercados meta nacionales

- Ciudades del norte del país
- Restaurantes de nivel alto en centros turísticos
- Segmentos poblacionales de ingresos medios altos y altos en metrópolis
- Líneas nacionales de transporte aéreo de pasajeros.

Mercados meta del exterior.

- Consumidores de origen mexicano en países socios del TLCAN
- Consumidores de otros orígenes en países socios del TLCAN
- Consumidores de frutas exóticas en países asiáticos
- Consumidores de frutas exóticas en países europeos

A continuación se presentan los perfiles de estas estrategias para cada uno de los mercados meta definidos.

11.4.2. Estrategias de penetración y posicionamiento en los mercados meta nacionales

1. Ciudades del norte del país. Para el segmento de consumidores de ingresos medios y altos de las ciudades del norte del país se propone una estrategia que, además de garantizar la producción de tuna de calidad, bien presentada en los centros comerciales y mercados de estas ciudades, se apoye mediante publicidad en radio y televisión su consumo; haciendo hincapié en que es una fruta sabrosa, barata y saludable. Además, sería importante que las empresas de productores y las comercializadoras participen en ferias y exposiciones, y a la vez realicen demostraciones en los centros comerciales sobre las diferentes formas de consumir el producto como fruta fresca y en la elaboración de bebidas y postres, entre otras.
2. Restaurantes de nivel alto en centros turísticos. Para posicionarse en el segmento de turistas extranjeros y nacionales en los centros turísticos nacionales, se propone una estrategia que garantice que las despensas de los restaurantes de los hoteles de gran turismo cuenten con un abastecimiento eficiente de tuna de calidad excelente. Se deberán hacer demostraciones y degustaciones, como fruta fresca, bebidas (jugos, tequila-tuna, vodka-tuna y “mixed” de frutas tropicales) y postres, insistiendo sobre las ventajas que sobre la salud conlleva el consumo de tuna.
3. Segmentos poblacionales de ingresos medios altos y altos en metrópolis. Para el segmento de consumidores con ingresos de nivel medio y alto en las metrópolis se propone una estrategia que garantice la existencia de tuna de excelente calidad y empacada en envases de exportación, en los centros comerciales que surten a estos núcleos de población (súper e hipermercados). Será necesario hacer demostraciones y degustaciones gratis con edecanes que promocionen el producto como fruta fresca, jugos y postres. Adicionalmente se requerirá distribuir folletos explicativos sobre la tuna, su origen, variedades y diferentes formas de consumirla. Se deben elaborar videos explicativos sobre la tuna mexicana, que muestren las plantaciones, la forma de cosecharla, de desespinarla, de empacarla, y de distribuirla. Estos videos se exhibirían por circuito cerrado en todas las terminales aéreas, mercados, supermercados y en la propia televisión nacional.
4. Líneas nacionales de transporte aéreo de pasajeros. Se propone una estrategia para que las cocinas que surten los alimentos a las compañías de aviación nacionales incluyan la tuna dentro de sus postres como fruta fresca, haciendo una publicidad donde se señale su origen mexicano y los beneficios que conlleva para la salud el consumo de esta fruta.

11.4.3. Estrategias de penetración y posicionamiento en los mercados meta del exterior

1. Consumidores de origen mexicano, en países socios del TLCAN. Se propone una estrategia basada en la publicidad por radio, considerando que los trabajadores de origen mexicano en el campo, la construcción y aun en las fábricas son afectos a escuchar las estaciones de radio locales que transmiten en español. Se sugiere que artistas del tipo de Antonio Aguilar (en Zacatecas) y Vicente Fernández (en Jalisco) graben un mensaje que diga, por ejemplo: *“paisano, apoya a tu gente, consume tuna mexicana”*, y se difunda.
2. Consumidores de otros orígenes en países socios del TLCAN. La estrategia para este sector de consumidores es también la publicidad, la cual deberá estar basada en los beneficios que para la salud conlleva el consumo de tuna y realizarse por medio de la televisión, revistas especializadas en alimentos sanos, considerando también exposiciones gastronómica y en ferias.
3. Consumidores de frutas exóticas en países asiáticos. En este mercado, más que en cualquier otro, el diseño y la implementación de la publicidad deberá estar a cargo de empresas de mercadotecnia locales, resaltando que se trata de una fruta exótica y que es benéfica para la salud. Un campo que se deberá investigar es la posibilidad de ligar la tuna con el valor de los boxeadores mexicanos considerando la alegría y entusiasmo con que éstos se enfrentan en el ring a los boxeadores nipones. Para este mercado se deberá poner especial atención en el tamaño (grande), homogeneidad del producto y presentación de la tuna.
4. Consumidores de frutas exóticas en países europeos. En este caso se deberán aprovechar los mercados que han abierto los italianos, mediante una campaña de publicidad agresiva, llamando la atención en: los colores de la tuna, tamaños y contenido de azúcar, entre otras características. Además, ofrecerla a menor precio y durante un mayor periodo en el año.

12. CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que se llegó para cada una de las fases de la cadena agroalimentaria de la tuna se resumen a continuación.

12.1. En cuanto a producción

- a. En México existe un enorme potencial para el desarrollo de **plantaciones de nopal tunero**, por lo extenso y rico de sus condiciones **agroclimáticas**. Actualmente existen 72 500 ha, casi todas en condiciones de temporal, distribuidas en tres regiones principales: centro-norte, centro y sur.
- b. Las plantaciones de tuna se encuentran en un estado de deterioro, debido principalmente a problemas de rentabilidad del cultivo y a los escasos apoyos que reciben la producción de parte de las instituciones de gobierno. Los rendimientos

promedio no alcanzan las 7 t/ha, valor que está por debajo de la productividad alcanzada por los países competidores. La principal limitante son los escasos recursos crediticios destinados a esta actividad.

- c. Existe tecnología apropiada, aunque no totalmente validada, para inducir un cambio tecnológico significativo, a través de programas regionales de rehabilitación de plantaciones que en 10 años podrían incluir al 95% de las actuales plantaciones.
- d. Los costos de producción se han incrementado notoriamente, lo que ha provocado el abandono de las labores culturales clave para el mantenimiento óptimo de las plantaciones, situación que varía de región a región y de productor a productor.
- e. Más de 20 000 productores se dedican a esta actividad en México, de los cuales el 85% ostenta el régimen de propiedad ejidal. El ingreso que la producción de tuna les proporciona es sólo una componente del ingreso total familiar y, veces, la menos importante.
- f. Los principales problemas para el desarrollo de la tunicultura en México son:
 - Mercado interno limitado.
 - Procesos de comercialización tradicionales e ineficientes.
 - Escaso o nulo desarrollo de la industrialización del producto.
 - Escasa o nula transferencia tecnológica.
 - Falta de apoyo crediticio.
 - Pérdida de rentabilidad por estancamiento de precios del producto e incremento de precios de insumos y servicios.

12.2. En cuanto al procesamiento e industrialización de la tuna

- a. El desespinado de la tuna después de la cosecha es una de las prácticas clave para el éxito de una explotación tunera. En general, el desespinado se realiza manualmente, provocando daños irreversibles en la fruta que afectan su presentación y calidad. En las regiones sur y centro, en un porcentaje pequeño de la producción el desespinado es mecánico.
- b. *El empaque de la fruta también puede mejorarse utilizando materiales más resistentes y baratos.*
- c. La industrialización de la tuna es insignificante. Las empresas existentes son de tipo familiar, con técnicas artesanales y mercados locales y regionales para el queso de tuna, melcocha, colonche y mermeladas. La industria del jugo no puede desarrollarse mientras no se resuelvan los problemas de sedimentación y estabilización del producto.

12.3. En cuanto a la comercialización

- a. No existe infraestructura para la comercialización.
- b. Los canales de comercialización son tradicionales, con la intervención de numerosos intermediarios y agentes económicos.
- c. No se ha fomentado el consumo de este producto a nivel nacional. El consumo per cápita es relativamente bajo (3.69 kg/año) y quedan por desarrollar mercados importantes en las costas, en la frontera y en las principales ciudades del sureste de la república.
- d. La tuna no recibe un manejo adecuado en poscosecha, lo que deteriora la calidad de la fruta y reduce su vida de anaquel.
- e. No se están aplicando normas de calidad.

12.4. En cuanto al comercio exterior

- a. El mercado mundial de la tuna alcanza unas 20 000 t, con un valor aproximado de 50 millones de dólares. Los principales países o regiones importadores son Europa Occidental, Estados Unidos, Canadá, Europa Oriental y algunos países emergentes de la Cuenca del Pacífico, en donde destaca Japón.
- b. Los países mediterráneos, entre los que destacan Italia (líder de comercio mundial de la tuna) e Israel, dominan principalmente el mercado europeo, aunque Italia ha exportado tradicionalmente importantes cantidades de tuna a la costa oriental de Estados Unidos. Recientemente, se perfilan nuevos países exportadores, como Colombia, Chile y África del Sur, que están enviando tuna a Europa y Estados Unidos; aprovechando que sus cosechas coinciden con el invierno del hemisferio norte, donde en esta estación no se produce la tuna.
- c. México puede ampliar en forma significativa sus exportaciones a los países integrantes del TLCAN, aprovechando su cercanía relativa a estos mercados y la población de cerca de 20 millones de hispanos y latinos, 13 millones de origen mexicano, que residen en Estados Unidos.

13. LITERATURA CITADA

- Acevedo E.; I. Badilla y P. Nobel S. 1983. "Water relations, diurnal acidity changes and productivity of a cultivated cactus". *Plant Physiology*. 72: 775-780.
- Andrade R., J. y Bernabé C., E. 1995. *Frigconservación de 6 variedades de tuna Opuntia spp (Amarilla Monteza, Burróna, Copena, Cristalina, Picochulo y Torreoja)*. Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. Tesis. 77 p.
- Gobierno del estado de México. 1990. *Cultivo del nopál. Paquete tecnológico*. Dirección de Agricultura, Secretaría de Desarrollo Agropecuario. Metepec, estado de México. 18 p.

- Conafrut-INIA. 1998. *El cultivo de la tuna*. Boletín técnico N° 14. Conafrut-INIA. Lima, Perú. 44 p.
- Ávila O., R. 2001. "Forzamiento de producción en dos variedades de nopal tunero (*Opuntia* spp) en San Diego de la Unión, Guanajuato". Tesis Profesional. Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, estado de México. 50 p.
- Barbera, G. 1984. "Ricerca sull'irrigazione del ficodindia". *Frutticoltura* 8: 49-55.
- Barbera G. 1991. "The reflowering of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* (L) Miller): Influence of removal time and cladode load on yield and fruit ripening". *Adv. Hort. Sci.* 5: 77-80.
- Barbera G. 1995. "History, Economic and Agroecological Importance", en: G. Barbera, P. Inglese y E. Pimienta-Barrios (eds). *Agroecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear*. FAO. Plant Production and Protection Paper. 132: 1-11.
- Barbera, G. 1997. "Effect of cladode shading on growth and ripening of fruits of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) L. Miller)". *Jor. Of Hort. Sci.* 72 (2): 299-304.
- Barbera, G. y P. Inglese. 1993. *La Coltura del Ficodindia*. *Frutticoltura Moderna*. Edagricole. Edizioni Agricole. Bologna, Italia.
- Basile, F. 1990. *Indagine economico-agraria sulla produzione del ficodindia in Italia*. Facolta di Agraria dell'Universita. Istituto di Economia e Política Agraria. Catania.
- Bravo H., H. 1978. *Las cactáceas de México*. Vol 1. UNAM. México, D.F. 743 p.
- Brutsh, M.O. 1992. "Crop manipulation in Spineless Prickly Pear (*Opuntia ficus-indica*) in South África". *Memorias. Second International Conference on Prickly Pear and Cochinitilla*. Santiago de Chile, Chile. pp. 40-47.
- Brutsh, M.O. y H. G. Zimmermann. 1993. The Prickly Pear (*Opuntia ficus-indica*[*Cactaceae*]) in South África: Utilization of the Naturalized Weed, and the Cultivated Plants. *Economy Botany* 47(2), pp. 134-162.
- Bunch, R. 1996. "Cactus pear products at D'arrigo Bros". *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. San Antonio, Texas. USA. Vol 1: 100-102 pp.
- Castellanos C, P.; López Ch. I. E.; De Luna E., J. M. y C. A. Flores V. 1999. Costos de producción y comercialización de tuna (*Opuntia* spp) en la región de San Martín de las Pirámides", en: *Memorias del VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*.

Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México. 6-10 de septiembre, pp. 54-55.

- Corrales G., J. 1992a. *Descripción y análisis de la cosecha y del manejo en fresco de nopalito y tuna*. CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. 10 p.
- Corrales G. y Flores V. 2000. *Tendencias actuales y futuras en el procesamiento del nopal y la tuna*. Reporte de investigación 49. CIESTAAM. 10 p.
- Curtis, J., R. 1977. Prickly Pear Farming in the Santa Clara Valley, California. *Economic Botany* 31: 175-179 p.
- FAO. 1995. *Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear*. FAO. Plant Production and Protection Paper 132, Rome, Italy.
- Fernández, M. R. 1995. "Rehabilitación de Huertos", en: *El cultivo del nopal tunero. Curso de actualización y recorrido de campo*. Campo Agrícola Experimental Norte de Guanajuato. INIFAP. SAGAR. pp 1-4.
- Fernández, M. R. 1997. "Atraso de la época de cosecha de nopal tunero en el norte de Guanajuato". *Congreso sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. VII Nacional y V Internacional*. Nuevo León, México. pp. 146-147.
- Fernández, M. R. y C. Mondragón J. 1998. *La Fertilización del Nopal Tunero*. Campo Agrícola Experimental Norte de Guanajuato. INIFAP. SAGAR. Desplegable para productores N° 2.
- Flores M. G.; J. Jiménez L.; X. Madrigal S.; F. Moncayo K. y F. Takaki T. 1971. *Tipos de vegetación de la República Mexicana*. Secretaría de Recursos Hidráulicos. México. 59 p y mapa.
- Flores V., C. A. 1992. "Historia del uso del nopal en México y el mundo", en: De la Fuente J. et al. (eds). *Agricultura y Agronomía en México. 500 años*. UACH. Chapingo, estado de México. pp. 155-160.
- Flores V., C. A. 1999. "Programa de Desarrollo para que México logre el liderazgo del Mercado Mundial de la Tuna". Memoria, *Curso-Taller sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*. Asociación de Productores de Nopal de Nuevo León, A.C. y Programa Universitario de Investigación y Servicio en Nopal y Tuna. CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. pp 74-80.
- Flores V., C. A. y C. Gallegos V. 1993. *Situación y perspectivas de la producción de tuna en la región centro-norte de México*. CIESTAAM-UACH. Chapingo, estado de México. 44 p.
- Flores V., C. A.; J. M. De Luna E.; P. P. Ramírez M.; J. Corrales G. y P. Ponce J. 1995. *Mercado Mundial de la Tuna*. Apoyos y Servicios a la

Comercialización Agropecuaria ASERCA, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo estado de México. 166 p.

- Flores V., C. A.; P. P. Ramírez M.; J. M. De Luna E. y P. Ponce J. 1997. *Diagnóstico y Programa de Desarrollo del Sistema Producto Tuna*. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Universidad Autónoma Chapingo. 84 p.
- Gijón H., A. 1998. *Plagas y enfermedades del nopal*. Programa de Investigación y Servicio en Nopal y Tuna. CUESTAAM. UACH. Chapingo, estado de México. 39 p.
- Hepner G., K.L. 1987. "Efecto de un raleo total de yemas sobre la producción de tuna (*Opuntia ficus-indica* (L) Miller.)". Tesis. Escuela de Agronomía. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 82 p.
- Hernández G., L. 1993. *Plagas y enfermedades del nopal en México*. Reporte de Investigación II. CUESTAAM. UACH. Chapingo, estado de México. 52 p.
- Ibarra, M. F. de J. 1998. "Forzamiento de producción en dos cultivares de nopal tunero (*Opuntia* spp) en el municipio de Pinos, Zacatecas". Tesis de Licenciatura. Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, estado de México.
- López, F. C. 1996. El cultivo de la tuna. Revista *El Campesino*. pp 14-23 y 48-54.
- López G., J. J. 1977. "Descripción y transformación del ecosistema *Opuntia streptacantha* Lemaire". Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Mac Neish, S. R.; F. A. Paterson y K. V. Flannery. 1970. *The prehistory of the Tehuacan Valley*. University of Texas Press. Vol. I.
- Martínez G., J. C. 1993. *Parcelas de validación de nopal tunero, comunidad Santa Ursula, municipio de Felipe Ángeles, Puebla*. Campo Experimental Tecamachalco. INIFAP. SARH. 25 p.
- Mondragón, J. C. 1992. "El cultivo del nopal tunero en la región central de México". *Avances y perspectivas de la investigación en fruticultura para el centro del país*. CENGUA, INIFAP-SARH. pp 9-18.
- Mondragón J. C. y E. Pimienta-Barrios. 1990. *Fertilización del nopal tunero*. Folleto técnico No. 1. Campo Experimental Norte de Guanajuato. INIFAP. SARH. 16 p.
- Nerd A.; A. Karady, y Y. Mizrahi. 1991. "Out-of-season prickly pear: fruit characteristics and effect of fertilization and short droughts on productivity". *Hort Science* 26(5): 527-529.

- Nerd A.; J. A. Aronson y Y. Mizrahi, 1994. "Introduction and domestication of rare and wild fruit and nut trees for desert areas", en: *Timbre Press Portland, Oregon, EE.UU.* pp. 355-363.
- Nerd A. y Y. Mizrahi. 1993. "Modern cultivation of prickly pear in Israel: Fertigation". *Acta Horticulturae* 349: 235-237.
- Nerd A. y Y. Mizrahi. 1993a. "Cultural Practices for cactus pear in Israel for year round production". *Proceedings 4° Annual Texas Prickly Pear Council.* Kingsville, Texas. pp. 77-80.
- Nobel, S. P. 1998. *Los incomparables agaves y cactus.* Ed. Trillas. México, D.F. 211 p.
- Nostas, C. (Ed). 1998. *Simposio Internacional El Nopal (Opuntia sp) Aprovechamiento y Aplicación en la Lucha contra la desertificación.* Memorias. Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú.
- Ochoa de Cornelli, M. J. 1995. "Ensayo de raleo de frutos y renuevos en el cultivo de tuna (*Opuntia ficus-indica* (L) Miller)". *Congreso sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal.* 6° Nacional y 4° Internacional, Guadalajara, Jalisco. México. p. 222.
- Ochoa de C., J. 1995. "Development of the cactus pear industry in Argentina an possibilities for export to the United States". *Proceedings First Annual Conference. Profesional Association for Cactus Development.* San Antonio Botanical Gardens. San Antonio, Texas. EE.UU. pp. 23-26.
- Pimienta-Barrios, E. 1990. *El nopal tunero.* Universidad de Guadalajara, Jalisco. México.
- Potgieter, J. P. 1996. *The cactus pear (Opuntia spp) in South África: Cultivation and research in the Northern Province.* Departament of Agriculture. Pietersburg, South África. 11p.
- Reyes N., M. 1993. "Aprovechamiento y comercialización del nopal tapón (*Opuntia robusta* Wendland) en el estado de San Luis Potosí". Tesis profesional. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 87 p.
- Russell, E. C. y P. Felker. 1987. "The Prickly Pear (*Opuntia spp*; Cactaceae): A Source of Human and Animal Food in Semiarid Regions". *Economic Botany* 41: (3), pp. 433-445.
- SARH. 1991. *Informe de la Misión Mexicana a Chile para establecer las bases de la cooperación bilateral sobre nopal, tuna y otros productos hortofrutícolas.* Delegación Jalisco. Guadalajara, Jalisco. 66 p.
- Secofi. 1998. *Tratado de Libre Comercio de América del Norte.* Texto oficial. 2ª Edición. Ed. Porrúa. 2 tomos. México.

- Secofi. 1994a. "Fracciones arancelarias y plazos de desgravación-México". *Tratado de Libre Comercio de América del Norte*. 1ª. Edición. Miguel Ángel Porrúa Ed. México.
- Secofi. 1994b. "Fracciones arancelarias y plazos de desgravación-Estados Unidos". *Tratado de Libre Comercio de América del Norte*. 1ª. Edición. Miguel Ángel Porrúa Ed. México.
- Secofi. 1994c. "Fracciones arancelarias y plazos de desgravación-Canadá". *Tratado de Libre Comercio de América del Norte*. 1ª. Edición. Miguel Ángel Porrúa Ed. México.
- Sudzuki, H. F. 1993. *Cultivo y Aprovechamiento del nopal en Chile*. Abstract and final report of the Establishment of the International Technical Cooperation Network on Cactus Pear. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco México. 16 p.
- Velasco, M. H. 1991. *Las zonas áridas y semiáridas, sus características y manejo*. ITESM. Noriega Ed. y Limusa. México, D.F. 725 p.
- Villanueva, R. H. 1995. *Principales plagas y enfermedades del nopal en México*. Coordinación de Servicio Social. CIESTAAM. UACH. Chapingo, estado de México. 32 p.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
CENTRO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, SOCIALES Y
TECNOLÓGICAS DE LA AGROINDUSTRIA Y LA AGRICULTURA MUNDIAL
(CIESTAAM)

DIRECTORIO DE LA UACH

Dr. Gerardo Gómez González

Rector Interino

Dr. Edgardo R. Escalante Rebolledo

Director General Académico

Ing. Nicolás Cerda Ruíz

Director de Administración

Dr. Bernardino Mata García

Director de Difusión Cultural

Ing. Raúl Reyes Bustos

Director de Patronato Universitario

Dra. Consuelo Lobato Calleros

Directora de Investigación

Dra. Rita Schwentesius Rindermann

Directora del CIESTAAM

FUNDADORES DEL CIESTAAM

Dr. Manuel Ángel Gómez Cruz

Dr. Gerardo Gómez González

Dr. José Luis Calva Téllez

M.C. Emilio López Gámez

Dr. Horacio V. Santoyo Cortés

M.C. Juan de la Fuente Hernández

INFORMACIÓN Y VENTAS:

Universidad Autónoma Chapingo

Área de Publicaciones del CIESTAAM

Carretera México-Texcoco km. 38.5, C.P. 56230 Chapingo, Edo. de México

Teléfono: 01(595)952-15-00 ext. 5483, Fax: 01(595)952-16-13/955-21-74

E-mail: ciestaam@taurus1.chapingo.mx, <http://www.chapingo.mx/ciestaam/>

Sistema de pago para envíos foráneos

1. Devolver su orden de pedido indicando las publicaciones que desea adquirir.
2. Realizar depósito en cualquier sucursal de Banca Serfin, S.A. a la cuenta CIESTAAM-UACH 09095476096 Sucursal 75, Texcoco, por la cantidad total del monto de su compra, más el costo del envío.
3. Hacer llegar -vía fax-, copia de la ficha de depósito a la atención del Área de Distribución y Venta de Publicaciones del CIESTAAM.
4. A vuelta de correo, según el tipo de mensajería que elija, recibirá su pedido.

Producción y comercialización de la tuna

Edición del Área de Publicaciones del CIESTAAM a cargo de Gloria Villa H.

Corrección de estilo: Salvador Bravo G.; Formación y diseño: Gloria Villa y Lidia Ordaz G.

Se terminó de imprimir en diciembre de 2002

Tiraje: 500 ejemplares más sobrantes para reposición.

Otras publicaciones del CUESTAAM

Libros

- Frutas y hortalizas. *Estado actual y nuevas alternativas en México.*
- El suministro de agua potable en México: *una alternativa para financiarlo y optimizar el uso del recurso.*
- El mercado de fertilizantes en México a finales del siglo XX.
- Mercados e instituciones financieras rurales. Una nueva arquitectura financiera rural para México.
- Estrategias para el cambio en el campo mexicano.
- Perspectivas y nuevas tendencias del desarrollo agroindustrial de México.
- El litchi – *La fruta más fina de mundo, 2ª. edición.*
- Internacionalización de la horticultura.
- Desafíos de la agricultura orgánica. *Certificación y comercialización. 2ª. Reimpresión.*
- La destrucción de las Indias y sus recursos renovables.
- TLCAN y agricultura – NAFTA and agriculture. Experiencia a cinco años. *Memoria del Seminario.*
- Ganar-Ganar en el medio rural. *El arte de la venta de servicios profesionales con valor agregado.*
- Agricultura de exportación en tiempos de globalización. *El caso de las hortalizas, frutas y flores.*

Reportes de Investigación

- Pitahaya (*Hylocereus undatus*). Producción y comercialización en México. Reporte 66.
- Caracterización, poscosecha, aprovechamiento e industrialización de pitayas y pitahayas. Reporte 65.
- Inocuidad en hortalizas. *¿Beneficio para el consumidor o nueva barrera al comercio?* Reporte 64.
- Producción y comercialización de pitaya (*Stenocereus* sp.) en México. Reporte 63.
- Agricultura Orgánica. *Mercado internacional y propuesta para su desarrollo en México.* Reporte 62.
- Tomate verde: *Factores que determinan los niveles de productividad y rentabilidad en la Región Centro de México.* Reporte 61.
- Los sectores agroalimentarios de México, Estados Unidos y Canadá ante el TLCAN. Reporte 60.
- El nopal y la lucha contra la desertificación. Reporte 59.
- Producción, industrialización y comercialización de nopalitas. Reporte 58.
- La política macroeconómica de la globalización. Reporte 57.
- Asociación y codesarrollo como alternativas a la globalización –Lecciones y alternativas del Euromediterráneo–. Reporte 56.