



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

TENDENCIAS DE PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE NOPALITO DE EXPORTACIÓN, CALIDAD Y MANEJO POSTCOSECHA

GRISELDA MAKI DÍAZ

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2014

La presente tesis titulada: **Tendencias de producción y comercialización de nopalito de exportación, calidad y manejo postcosecha**, realizada por la alumna: **Griselda Maki Díaz**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

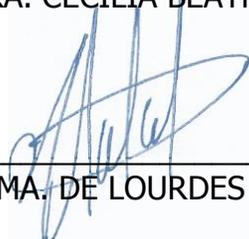
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DRA. CECILIA BEATRIZ PEÑA VALDIVIA

ASESORA



DRA. MA. DE LOURDES ARÉVALO GALARZA

ASESORA



DRA. SOCORRO ANAYA ROSALES

ASESOR



DR. JOSÉ RODOLFO GARCÍA NAVA

ASESOR



DR. GUILLERMO CALDERÓN ZAVALA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Octubre de 2014

TENDENCIAS DE PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE NOPALITO DE EXPORTACIÓN, CALIDAD Y MANEJO POSTCOSECHA

Griselda Maki Díaz, Dra.
Colegio de Postgraduados, 2014

RESUMEN GENERAL

El objetivo del estudio fue comparar las características físicas y químicas de los nopalitos para exportación y consumo nacional, y analizar diferentes fuentes de información oficiales y la información obtenida mediante entrevistas en campo a los productores-exportadores que definen el panorama de la situación actual del nopal y los aspectos socioeconómicos que intervienen en su comercialización. La hipótesis es que no existe suficiente información para clasificar objetivamente la calidad de los nopalitos. El estudio se realizó en Otumba y San Martín de las Pirámides, Estado de México. Se realizaron experimentos con diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 (tratamientos: nopalitos para consumo nacional y para exportación) x 2 (grupos de productores (Grupo PRONACUA y Grupo Agrícola Ixquiltán) x 5 (huertas) y 10 repeticiones (cada una representada por un nopalito obtenido de una planta). Se aplicó ANDEVA y comparación múltiple de medias a los resultados. Los nopalitos para exportación tuvieron peso fresco (38 g), longitud (2.2 cm), anchura (1 cm), grosor apical (0.8 cm), grosor basal (0.8 cm), humedad (0.3 %) y contenido de ácido málico (0.2 %), significativamente menor ($p \leq 0.05$) y contenido de clorofila ($0.46 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) y de carotenoides (0.1 mmol g^{-1}) mayor ($p \leq 0.05$) que los seleccionados para consumo nacional; y ambos grupos estuvieron libres de los 20 plaguicidas más comunes utilizados en las hortalizas. Las fuentes oficiales de información y la información de las entrevistas en campo a los productores-exportadores permitieron proponer estrategias derivadas de la creación de la matriz FODA para resolver algunos problemas que existen en torno a la producción de nopalito para exportación, en la región de estudio. Las características físicas y composición química de los nopalitos para exportación son diferentes a las de los de consumo nacional y podrían usarse para complementar las normas actuales, con los estándares de calidad, lo que podría a la vez, ayudar a los productores a asegurar y aumentar el mercado internacional.

Palabras clave: FODA, características físicas, composición química, normas de calidad, Otumba, San Martín de las Pirámides

TRENDS OF PRODUCTION AND MARKETING NOPALITOS EXPORT, QUALITY AND POSTHARVEST HANDLING

Griselda Maki Díaz, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2014

ABSTRACT

The aim of the study was to compare the physical and chemical properties of the cactus leaves (nopalitos) for export and domestic consumption characteristics, and analyze different sources of official information and the information obtained from field interviews to producers and exporters that define the landscape of the current situation of cactus leaves and socio-economic aspects involved in marketing. The hypothesis is that there is not enough information to objectively rate the quality of cactus leaves. The study was conducted in Otumba and San Martin de las Piramides, State of Mexico. Experiments were made in a complete randomize factorial design 2 (treatment: cactus for domestic consumption and for export) x 2 (groups of producers (PRONACUA and Grupo Agrícola Ixquiltán) x 5 (orchards) and 10 replications (one plant as an experimental unit). The data were analyzed by ANOVA. The cactus leaves for exportation had fresh weight (38 g), length (2.2 cm), width (1 cm) thick apical (0.8 cm) basal thickness (0.8 cm), moisture (0.3%) and malic acid content (0.2%), significantly lower ($p \leq 0.05$) and chlorophyll content (0.46 mg 100 g⁻¹) and carotenoids (0.1 mmol g⁻¹) increased ($p \leq 0.05$) than those selected for national consumption. and both groups were free of the 20 most common pesticides used on vegetables. Official sources of information and information from field interviews to allow exporting producers propose strategies derived from the creation of the SWOT matrix to solve some problems that exist around cactus leaves export production in the study region. The physical characteristics and chemical composition of the cactus for export are different from those of domestic consumption and could be used to complement existing standards, quality standards, which could in turn, help producers to secure and increase the international market.

Keywords: SWOT, physical characteristics, chemical composition, quality standards, Otumba, San Martin de las Pirámides

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento para realizar mis estudios de Doctorado.

Al Colegio de Postgraduados por brindarme la oportunidad de continuar con mi formación profesional.

A mi consejera, Dra. Cecilia Peña Valdivia por ser una profesora ejemplar y estar siempre pendiente de mi investigación y dedicarme su tiempo, su paciencia y su comprensión en todo momento y por todo lo que aprendí de ella, a través de sus consejos y sugerencias, especialmente por su trato siempre amable y gentil.

Al Dr. Rodolfo García Nava por todo el apoyo, sus amables consejos y sugerencias recibidos durante esta etapa de mi formación.

A la Dra. Lourdes Arévalo Galarza por todo su apoyo y su compromiso, por el esfuerzo y tiempo dedicado a ayudarme a mejorar en mi formación.

A la Dra. Socorro Anaya Rosales y al Dr. Guillermo Calderón Zavala por todo su apoyo y cordial colaboración en la realización del estudio y sus valiosas aportaciones.

A la Línea Prioritaria de Investigación 7: Inocuidad, calidad de alimentos y bioseguridad, por los apoyos recibidos para realizar los análisis de plaguicidas

Al Sr. Lorenzo Franco por su amable disposición en todo momento, por el tiempo dedicado a recorrer las plantaciones y realizar la cosecha de los nopalitos en las diferentes fechas, porque gracias a su valiosa ayuda pude realizar gran parte de la investigación.

A los productores de Otumba y San Martín por su contribución en la realización de las entrevistas., especialmente al Sr. Flavio Álvarez por su apoyo, colaboración e información proporcionada y por permitirme realizar el seguimiento fotográfico en sus plantaciones.

A la MC Ana Bertha Galicia por las facilidades brindadas en el laboratorio de Fisiología Vegetal durante la fase experimental.

A mis compañeros Fran, Karina, Esther y Cristian por los espacios y momentos compartidos durante esta etapa.

DEDICATORIA

A mis padres Alejandra y Marco Antonio, cuyo cariño siempre ha sido mi fuente de motivación y de impulso en la vida. Les dedico este logro y esta tesis con todo mi corazón.

A Miriam, Sinuhé y Milena y muy especialmente a mi hermano Marco por su amistad y su apoyo incondicional.

A mi querido José Antonio por tu inmenso amor y tu infinita paciencia, por todas las veces que me acompañaste a las plantaciones y que estuviste conmigo en el laboratorio, por toda tu ayuda, por ser mi luz, mi compañero y mi mejor amigo y por concluir una vez más un ciclo junto a ti.

A Luisa, Charlie, Wendy y Leo mis hermosos compañeros de desvelo.

INDICE GENERAL

RESUMEN GENERAL	iii
ABSTRACT.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1 LITERATURA CITADA.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1. Importancia.....	6
2.1.1. Propiedades y usos.....	7
2.1.2. Importancia socioeconómica del nopal.....	8
2.2. Producción de nopalito.....	8
2.2.1. Oferta.....	9
2.2.2. Demanda.....	9
2.2.3. Precios.....	9
2.2.4. Costos de producción.....	10
2.3. Sistema de producción.....	11
2.3.1. Zona productora en Milpa Alta.....	12
2.3.2. Zona productora San Martín de las Pirámides.....	15
2.4. Comercialización e inocuidad.....	16
2.4.1. Norma mexicana del nopalito y Codex Alimentarius.....	16
2.4.2. Inocuidad alimentaria.....	18
2.4.3 Manejo postcosecha.....	19

2.4.4. Manejo de nopalito para exportación.....	21
2.4.5. Sistema producto.....	22
2.5. Comercio internacional de nopalito.....	23
2.5.1. Estados Unidos.....	24
2.5.2. Japón.....	24
2.6. Propiedades físicas y químicas de los nopalitos.....	25
2.6.1. Calidad.....	25
2.6.2. Características físicas.....	26
2.6.3. Características químicas.....	26
2.7. Literatura citada.....	29
3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y SANITARIAS DE LOS NOPALITOS PARA EXPORTACIÓN Y CONSUMO NACIONAL.....	41
3.1 Resumen	41
3.2 Abstract.....	42
3.3 Introducción.....	43
3.4 Materiales y métodos.....	46
3.4.1 Material vegetal.....	46
3.4.2 Diseño experimental.....	47
3.4.3 Época de cosechas.....	47
3.4.4. Variables evaluadas.....	48
3.4.4.1 Propiedades físicas.....	48
3.4.4.2 Composición química.....	49
3.4.5 Detección de residuos químicos.....	52
3.5 Resultados y discusión.....	52
3.5.1 Características físicas.....	52

3.5.2 Composición química parcial.....	66
3.5.3 Detección de residuos químicos.....	80
3.6 Conclusiones.....	85
3.7 Literatura citada.....	86
4. TENDENCIAS DE PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE NOPALITO (<i>Opuntia ficus indica</i>)	94
4.1. Resumen.....	94
4.3. Introducción.....	96
4.4. Materiales y métodos.....	97
4.4.1. Revisión de las fuentes de información.....	97
4.4.2. Elaboración de cuestionarios.....	99
4.4.3. Documentación del proceso de embarque para la exportación de nopal.....	102
4.4.4. Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, FODA.....	102
4.5. Resultados y discusión.....	103
4.5.1. Producción de hortalizas en México.....	103
4.5.2 Panorama general de la producción y comercialización de productos hortofrutícolas.....	106
4.5.3. Destino de la producción de hortalizas.....	110
4.5.4. Tendencias de la producción de nopalito.....	111
4.5.5. Tendencias de producción de nopalitos en el la delegación Milpa Alta, D.F. y Otumba y San Martín de las Pirámides, Estado de México.....	122
4.5.6. Destino de la producción de nopalitos de la delegación Milpa Alta y San Martín de las Pirámides.....	127
4.5.7. Panorama general de la producción de nopalito en Cuatlacingo, Otumba y San Martín de las Pirámides.....	133
4.5.8. Documentación del proceso de embarque para la exportación de	

nopal.....	141
4.5.9. Matriz DAFO para nopalito.....	144
4.6. Conclusiones.....	146
4.7. Literatura citada.....	147
5. DISCUSIÓN GENERAL.....	153
6. CONCLUSIONES GENERALES.....	162

LISTA DE CUADROS

Cuadro 2.1. Precio promedio mensual, en dólares, de 100 nopalitos, durante 2012, en la Central de abastos de Iztapalapa, Distrito Federal, México.....	10
Cuadro 2.2. Precio medio rural (dólares por tonelada) de nopalito en México	10
Cuadro 2.3. Superficie sembrada con nopal en las comunidades de Milpa Alta.....	13
Cuadro 3.1. Requerimientos de calidad para nopalito establecidos por la Norma mexicana para el nopal verdura y la Norma del Codex del Nopal.....	45
Cuadro 3.2. Fechas, sitios y grupos de productores de nopalitos muestreados.....	48
Cuadro 3.3. Análisis de varianza de las características físicas de los nopalitos para consumo nacional y exportación.....	49
Cuadro 3.4. Comparación de medias de las características físicas de los nopalitos para exportación y consumo nacional, producidos en el Estado de México.....	53
Cuadro 3.5. Análisis de varianza de la composición química parcial de nopalitos para exportación y consumo nacional, producidos en el Estado de México.....	66
Cuadro 3.6. Comparación de medias de la composición química parcial de los nopalitos para exportación o para consumo nacional, producidos en el Estado de México.....	67
Cuadro 3.7. Contenido de clorofilas (mg por 100 g de tejido fresco) en nopalitos para exportación y para el mercado nacional, producidos en el Estado de México.....	75
Cuadro 3.8. Plaguicidas evaluados en nopalitos para exportación y para consumo nacional, producidos en el Estado de México.....	82
Cuadro 3.9. Detección y cuantificación de plaguicidas por LC/MSMS QQQ (AGILENT 6460)	83
Cuadro 4.1. Fuentes oficiales consultadas para caracterizar la tendencia de	

la producción y exportación de nopalito.....	98
Cuadro 4.2. Cuestiones planteadas a los productores-exportadores de nopalito.....	99
Cuadro 4.3. Cambios de la superficie sembrada y cosechada, producción y valor de la producción de hortalizas en México, entre 1980 y 2012 (SIACON, 2012)	106
Cuadro 4.4. Superficie cosechada (ha) de las principales hortalizas en México.....	112
Cuadro 4.5. Valor de la producción (miles de pesos) de las principales hortalizas en México.....	113
Cuadro 4.6. Superficie sembrada, cosechada, producción, rendimiento y valor de la producción del nopalito en México entre 1980 y 2012.....	115
Cuadro 4.7. Superficie sembrada, rendimiento y producción de nopalito en México durante los años 2005 y 2012. Con riego y en seco.....	118
Cuadro 4.8. Superficie sembrada (ha) con nopalito en los principales estados productores en el periodo de 1980 a 2012.....	119
Cuadro 4.9. Superficie sembrada, rendimiento y producción de nopalito en el Estado de México entre 2005 y 2012 con riego y en seco.....	123
Cuadro 4.10. Superficie sembrada, rendimiento y producción de nopalito en Otumba, Estado de México, durante el periodo de 2005 y 2012, con riego y en seco.....	125
Cuadro 4.11. Superficie sembrada, rendimiento y producción de nopalito en San Martín de las Pirámides, Estado de México, en el periodo de 2005 y 2012, con riego y en seco.....	127
Cuadro 4.12. Directorio de empresas exportadoras de nopal.....	130
Cuadro 4.13. Costos de producción para nopalito de exportación en la zona de Otumba y San Martín de las Pirámides, Estado de México.....	139

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Plantación comercial de nopal en sistema de microtúnel.....	12
Figura 3.1. Zonas de registro de dimensiones: longitud, anchura y grosor....	49
Figura 3.2. Peso fresco de los nopalitos para exportación y para el mercado nacional, cultivados por los grupos de productores PRONACUA y Grupo Agrícola Ixquitolán, Estado de México.....	54
Figura 3.3. Longitud de los nopalitos para exportación y para el mercado nacional, cultivados por los grupos de productores PRONACUA y Grupo Agrícola Ixquitolán, Estado de México.....	56
Figura 3.4. Anchura de los nopalitos para exportación y para el mercado nacional, cultivados por los grupos de productores PRONACUA y Grupo Agrícola Ixquitolán, Estado de México.....	57
Figura 3.5. Grosor del área apical y basal de los nopalitos para exportación y para el mercado nacional, cultivados por los grupos de productores PRONACUA y Grupo Agrícola Ixquitolán, Estado de México.....	59
Figura 3.6. Resistencia al corte de los nopalitos para exportación y para el mercado nacional, cultivados por los grupos de productores PRONACUA y Grupo Agrícola Ixquitolán, Estado de México.....	63
Figura 3.7. Número de hojas de los nopalitos para exportación y para el mercado nacional, cultivados por los grupos de productores PRONACUA y Grupo Agrícola Ixquitolán, Estado de México.....	65
Figura 3.8. Contenido de humedad de los nopalitos de exportación y mercado nacional, cultivados por los grupos de productores PRONACUA y Grupo Agrícola Ixquitolán, Estado de México.....	68
Figura 3.9. Porcentaje de mucílago contenido en los nopalitos para exportación y para el mercado nacional, cultivados por los grupos de productores PRONACUA y Grupo Agrícola Ixquitolán, Estado de México.....	71
Figura 3.10. Porcentaje de ácido málico contenido en los nopalitos para exportación y para el mercado nacional, cultivados por los grupos de productores PRONACUA y Grupo Agrícola Ixquitolán, Estado de México.....	73
Figura 3.11. Índice de clorofila a/b de los nopalitos para exportación y para	

el mercado nacional, cultivados por dos grupos de productores PRONACUA y Grupo Agrícola Ixquiltán, Estado de México.....	77
Figura 3.12. Carotenoides contenidos en los nopalitas para exportación y para el mercado nacional, cultivados por los grupos de productores PRONACUA y Grupo Agrícola Ixquiltán, Estado de México.....	79
Figura 4.1. Tendencia de la superficie cosechada de los principales grupos de cultivos en México y del valor de la producción a partir del año 1980.....	105
Figura 4.2. Valor de las exportaciones (miles de dólares) de frutas y hortalizas.....	107
Figura 4.3. Valor de las exportaciones (miles de dólares) de frutas y hortalizas.....	108
Figura 4.4. Superficie cosechada de los principales países productores de hortalizas en el año 201.....	109
Figura 4.5. Volumen de producción de hortalizas de los principales países en el año 2011.....	109
Figura 4.6. Valor de las exportaciones de productos hortofrutícolas de México a partir de 1980 y desglosados en frutas y hortalizas a partir del año 2000.....	110
Figura 4.7. Superficie cosechada y producción de nopalito en el periodo de 1980 a 2012.....	116
Figura 4.8. Valor de la producción y producción de nopalito en el periodo de 1980 a 2010.....	117
Figura 4.9. Valor de la producción en los principales estados productores de nopalito, en el periodo de 1980 a 2012.....	120
Figura 4.10. Estacionalidad de la producción de nopalito, producción expresada en porcentaje mensual (A) y, precio promedio mensual (por cada 100 nopalitas) en la Central de Abastos de Iztapalapa, D.F. (B), durante el año 2012.....	121
Figura 4.11. Principales cultivos producidos en el municipio de Otumba, Estado de México.....	124
Figura 4.12. Principales cultivos producidos en el municipio de San Martín	

de las Pirámides, Estado de México.....	126
Figura 4.13. Elementos necesarios para el empaque y embalaje de nopalito para exportación.....	140
Figura 4.14. Proceso de cosecha de nopalito para exportación.....	142
Figura 4.15. Proceso de empaque y embalaje de nopalito de exportación....	143

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La producción de frutas y hortalizas representa una de las actividades más rentables entre todos los cultivos agrícolas (Financiera Rural, 2008; Ayala *et al.*, 2012). Entre los años 1990 y 2003 su crecimiento fue del 56 % (Aksoy, 2005).

México es uno de los productores principales de hortalizas, el cultivo de hortalizas ocupa 2.59 % de la superficie agrícola nacional y representa un valor de 53 479 millones de pesos. Los nopalitos se ubican entre las 15 hortalizas más importantes (SIAP, 2014). En el año 2012 el nopalito se ocupó 2.18 % de la superficie nacional cosechada y representó 2.61 % del valor de la producción. Los estados con superficie cosechada mayor son Distrito Federal (34 %), Morelos (26.1 %) y el Estado de México (6.7 %). En este último, los municipios con producción mayor son Otumba, San Martín de las Pirámides, Temascalapa, Nopaltepec, Axapusco y San Juan Teotihuacan (SIAP, 2014), la tasa de crecimiento en el Estado de México durante el periodo de 1985 a 2012 fue 7.6 %.

Los mercados internacionales principales están representados por Estados Unidos, Canadá, Japón, España y Francia (Flores-Valdez, 2003; Ramírez *et al.*, 2012). De acuerdo con Callejas-Juárez *et al.* (2009) las exportaciones de nopalito a Estados Unidos crecieron 128.6 % durante el periodo de 2000 a 2005 y está relacionado con el incremento de la población latina en ese país.

En el ámbito nacional, el nopalito representa una hortaliza para consumo básico y su producción es una actividad económica importante (Valencia-Sandoval *et al.*, 2010). El consumo per cápita en México durante el periodo de 2000 a 2005 creció de 4.1 a 7.3 kg (Callejas-Juárez *et al.*, 2009).

En el ámbito internacional, el interés actual del consumo de nopalito en gran parte ha derivado de las propiedades funcionales (Valencia-Sandoval *et al.*, 2010). Las características nutraceuticas de los nopalitos también han despertado interés en mercados europeos y asiáticos (Peña-Valdivia *et al.*, 2012). Entre los componentes

más abundantes y que han sido reconocidos como nutraceuticos están polisacáridos diversos, como mucílagos, pectinas, hemicelulosas y celulosa, que forman la fibra de los alimentos (Peña-Valdivia *et al.*, 2012); además, son fuente de vitamina C (Betancourt-Domínguez *et al.*, 2006), minerales (Rodríguez-Félix y Cantwell, 1988) y sus frutos son una fuente importante de betalaínas y carotenoides (Sáenz, 2006).

La calidad es un término empleado en postcosecha de frutas y hortalizas pero raramente definido, comúnmente es descrita como el conjunto de atributos específicos del producto, como contenido de azúcar, color o firmeza; sin embargo, el factor limitante que define las perspectivas en la calidad de frutas y hortalizas frescas está dado por las orientaciones y preferencias del consumidor (Shewfelt, 1999).

Las características de calidad de los nopalitos han sido definidas parcialmente por Corrales-García *et al.* (2004). Las características físicas y químicas que incluyen la calidad de los nopalitos son su apariencia (frescura, turgencia y color brillante), sus dimensiones o tamaño (delgados, chicos o medianos) y su forma (de raqueta) (Rodríguez-Félix y Cantwell, 1988); además, deberían incluirse su contenido de mucílagos (poco o mucho) y su acidez (baja o alta) (López-Palacios *et al.*, 2010). La calidad de los productos hortofrutícolas es relevante para su aceptación y éxito en su comercialización en los mercados nacionales e internacionales (Avendaño *et al.*, 2007). La preocupación por garantizar la calidad de los alimentos ha dado origen a la creación de programas de aseguramiento de calidad e inocuidad que garanticen que el producto posee los atributos deseados mediante la aplicación de normas, sellos y certificaciones (FAO, 2003).

El desarrollo de la presente investigación se justifica por el hecho de que no existe información suficiente para cuantificar y calificar la calidad de los nopalitos, diferenciar los de exportación de los de consumo nacional, y la información limitada, y por tanto la dificultad para obtención información relacionada con las tendencias de la producción y consumo de nopalito en los mercados nacionales e internacionales, esto último debido a que el nopal no es un cultivo regulado.

Los objetivos de esta investigación fueron:

- Evaluar las características físicas y químicas de los nopalitas para exportación y contrastarlas con los de consumo nacional.
- Identificar las tendencias de producción nacional y comercialización internacional del nopalito, tomando en cuenta los aspectos socioeconómicos que las envuelven, y conocer su posición entre los cultivos hortícolas más importantes en México.

Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

- La selección subjetiva, basada en algunos caracteres, de las dos clases de nopalitas, consumo nacional y exportación, por los productores está relacionada con características físicas y de la composición que permiten clasificar objetivamente los nopalitas.
- Existe información limitada de la cantidad y calidad demandada de nopalito en el mercado internacional, por lo que los volúmenes comercializados en el extranjero no se encuentran regularizados en los documentos oficiales.

1.1 . LITERATURA CITADA

Aksoy, M.A. 2005. Global agricultural trade policies. In: Global agricultural trade and developing countries. M. Ataman Aksoy and J. C. Beghin (Eds) The World Bank, Washington, DC 37-53

Avendaño, R. B. D, R. Schwentesius, y S. Lugo M. 2007. La inocuidad alimentaria en la exportación de hortalizas mexicanas a Estados Unidos. Comercio Exterior 57(1):6-18.

Ayala, G.A.V., R. R. Schwentesius, y B. Cabrera C. 2012. Hortalizas en México: competitividad frente a EE.UU. y oportunidades de desarrollo. Globalización, Competitividad y Gobernabilidad 6(3): 70-88.

- Betancourt-Domínguez, M. A., T. Hernández-Pérez, P. García-Saucedo, A. Cruz-Hernández, and O. Paredes-López. 2006. Physico-chemical changes in cladodes (nopalitos) from cultivated and wild cacti (*Opuntia* spp.). *Plant Foods for Human Nutrition* 61: 115–119.
- Callejas-Juárez, N., J. A. Matus G., J. A. García S., M. A. Martínez D., y J. M. Salas G. 2009. Situación actual y perspectivas de mercado para la tuna, el nopalito y derivados en el Estado de México, 2006. *Agrociencia* 43: 73-82.
- Corrales-García, J., C. B. Peña-Valdivia, Y. Razo M, and M. Sánchez H. 2004. Acidity modification associated to hour of the day of cut and elapsed time since harvest, and pH-buffer capacity in nopalitos (*Opuntia* spp.). *Postharvest Biology and Technology* 32 (2): 169-174.
- FAO. 2003. Mejoramiento de la calidad e inocuidad de las frutas y hortalizas frescas: un enfoque práctico. Manual para multiplicadores. Roma. pp. 3-19
- Financiera Rural, 2008. La producción de hortalizas en México. Informe Dirección General Adjunta de Fomento y Promoción de Negocios. 47 p.
- Flores-Valdez, C. A. 2003. Producción y comercialización de nopalitos. In: nopalitos y tunas. Flores-Valdez C. A. (Ed). Universidad Autónoma Chapingo-CIESTAAM-Programa nopal. pp. 19-37.
- López-Palacios, C., J.A. Reyes-Agüero, H.M. Ramírez-Tobias, B.I. Juárez-Flores, J.R. Aguirre-Rivera, L. Yañez-Espinosa, and M.A. Ruíz-Cabrera. 2010. Evaluation of attributes associated with the quality of nopalito (*Opuntia* spp. and *Nopalea* sp.). *Italian Journal of Food Science* 4(22): 423-431.
- Peña-Valdivia, C. B., C. Trejo L, V. B. Arroyo-Peña, A. Sánchez U., and R. Balois M. 2012. Diversity of unavailable polysaccharides and dietary fiber in domesticated nopalito and cactus pear fruit (*Opuntia* spp.). *Chemistry and Biodiversity* 9: 1599-1610.

- Ramírez, P. J. C., Sosa-López, R. y Santos Aduna B. 2012. Plan Rector del Sistema Producto Nopal y Tuna del Estado de Michoacán. SAGARPA. 73 p.
- Rodríguez-Félix, A., and M. Cantwell. 1988. Developmental changes in composition and quality of prickly pear cactus cladodes (nopalitos). *Plant Food for Human Nutrition* 38: 83-93.
- Saenz, C. 2006. *Opuntia* spp. Bioactive Compounds in Foods: a Plus for Health. *Acta Horticulturae* 728:231-240.
- Shewfelt, R.L. 1999. What is quality? *Postharvest Biology and Technology* 15(3):197-200
- SIAP, 2014 (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/> (Consulta 2 de septiembre de 2014).
- Valencia-Sandoval, K., J. J. Brambila-Paz, y J. S. Mora-Flores. 2010. Evaluación del nopal verdura como alimento funcional mediante opciones reales. *Agrociencia* 44(8): 955-963.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia

El nopal (*Opuntia* spp.) representa una imagen característica e icónica que simboliza la cultura mexicana (Flores *et al.*, 1995; Anaya, 2001; Méndez *et al.*, 2004). Es originario de América, pertenece a la familia de las Cactáceas y se encuentra distribuido desde Canadá hasta Argentina (Bravo, 1978). En México, se localiza en las planicies áridas del centro y del norte, y crece en diferentes climas, suelos, altitudes y tipos de vegetación; así como en climas subtropicales y tropicales. Sin embargo, son las zonas semiáridas donde se concentra la variación más alta, por lo que algunos botánicos consideran que entre ellas está el centro de origen de los nopales (Pimienta, 1990). Actualmente, se encuentra distribuido en casi todo el mundo, en regiones con ambientes diversos, excepto en las regiones cercanas a los polos y algunos desiertos (Granados y Castañeda, 1991) y es reconocido como la cactácea de mayor importancia económica (Kiesling, 1998, Nobel *et al.*, 2002). Su cultivo se destina también para la producción de grana de cochinilla, con las especies *Opuntia cochenillifera* y *Opuntia ficus indica*; además esta última se utiliza principalmente en Brasil, Chile y México, como forraje (Sáenz, 2006).

Las plantas del género *Opuntia* son valiosas porque producen nopalitos y tunas en regiones áridas, con lluvia errática y suelos pobres sujetos a erosión (Reyes-Agüero, *et al.* 2005); se clasifican como plantas xerófitas y puede almacenar agua en sus tallos, los cuales al ramificar presentan forma de raqueta, conocida comúnmente como penca (Guevara y Yahia, 2001). Los nopalitos son los cladodios jóvenes de la planta de nopal, en México se consumen comúnmente como verdura y su consumo data de la época prehispánica.

2.1.1. Propiedades y usos

Un alimento funcional es aquel que proporciona un beneficio fisiológico además de fortalecer la salud y ayudar a prevenir y tratar enfermedades (Sáenz, 2004). Los efectos positivos del consumo de nopalito en la fisiología de los humanos se han demostrado (Sáenz, 2002; Stintzing y Carle, 2005; Valencia-Sandoval *et al.*, 2010); entre sus componentes más abundantes están polisacáridos diversos, como mucílagos, pectinas, hemicelulosas y celulosa, que forman la fibra de los alimentos (Peña-Valdivia *et al.*, 2012), vitaminas y minerales (Saézn, 2002). El nopal puede ser terapéutico, pues es hipoglucemiante, auxiliar en los trastornos digestivos, enfermedades cardiovasculares, obesidad (Binns, 2003; Cummings *et al.*, 2004) e hipocolesterolémico (Feugang *et al.*, 2006), y además, es una fuente importante de β -caroteno y ácido ascórbico (vitamina C) (Betancourt-Domínguez *et al.*, 2006).

En México se utilizan 24 especies de nopal con diferentes fines, quince de ellas como forraje, seis para producción de tuna y tres para producción de nopalitos (Valencia-Sandoval *et al.*, 2010). Los usos del nopal son diversos, en México antiguamente el jugo de las pencas se untaba en las ruedas de los carros, como anticorrosivo (Comisión Nacional de las Zonas Áridas, 1994); pero, el principal uso es para el consumo humano, fresco o procesado, y también es materia prima para la agroindustria. Es un valioso recurso forrajero por la cantidad de agua y fibra que contiene (Flores, 1994; Orona-Castillo, 2001; Murillo-Amador *et al.*, 2002;) y su uso es tradicional en los estados del norte de México para la alimentación del ganado vacuno, caprino y ovino (López-González, 2011).

Los frutos (tunas) y cladodios tiernos (nopalitos) son para el consumo humano y los cladodios maduros (pencas) para los animales (Callejas, 2007). Además se obtiene pigmento conocido como grana de cochinilla y materiales para medicamentos, artesanías y cosméticos (Stintzing y Carle, 2005). También, de los nopalitos se obtienen otros subproductos, como pueden ser fibras, harinas, extractos deshidratados con fines terapéuticos e industriales (Aristeo, 2001). El nopal también se usa para clarificar el agua en plantas procesadoras de aguas negras, como

adherente para pinturas, encalados y como cerco vivo (Corrales, 2010). Por lo anterior, los nopales se consideran un recurso genético de gran valor, que México ha dado al mundo (Corrales y Flores, 2003).

2.1.2. Importancia socioeconómica del nopal

El nopal representa uno de los elementos más relevantes y de mayor significado cultural en México. Existen evidencias en códices, pinturas y bibliografías antiguas que reflejan su valor cultural ancestral (Bravo y Scheinvar, 1995).

El nopal, por su naturaleza silvestre y rústica, recibió atención agronómica limitada hasta fechas recientes; su importancia económica en las últimas tres o cuatro décadas es resultado del crecimiento de los mercados nacionales y regionales basado en sus características atractivas para los productores, industriales y los consumidores (ASERCA, 2001). Esta importancia se debe también a los resultados de numerosas investigaciones que han demostrado científicamente las características y beneficios de los nopales en diversos campos, por ejemplo en sus propiedades nutraceuticas (Valencia-Sandoval, 2010; Peña-Valdivia *et al.*, 2012).

2.2. Producción de nopalito

En parte, debido a que se trata de un producto no regulado y sin fracción arancelaria que lo describa, no existen estadísticas de carácter internacional, oficiales, similares a las que publica la FAO, que incluyan la producción mundial de nopalito; además, los nopalitos se producen principalmente en México, para el mercado nacional y del extranjero, y en proporción menor en Texas y California, para los mercados locales (Flores *et al.*, 1995). Otros países han mostrado interés creciente en la producción de nopal, ya que se aprovechan las características climáticas propias de México (Saénz, 2006).

2.2.1. Oferta

El nopalito se consume principalmente fresco, como verdura, en tres presentaciones: 1) cambray, con 10 a 15 cm de longitud, 5 a 7 cm de anchura y 0.4 a 0.5 cm de grosor, 2) mediano, con 15 a 25 cm de longitud, 19 cm de anchura y grosor de 0.5 a 0.7 cm, y 3) grande, con más de 25 cm y 13 cm de longitud y anchura. Los principales lugares de comercialización son las centrales de abasto, tianguis, mercados y tiendas de autoservicio. Las presentaciones pueden ser con espinas y mínimamente procesado (desespinado y desespinaos y segmentados en cubos pequeños). También existen los productos que ofrecen las empresas agroindustriales, como los nopalitos en salmuera o en escabeche.

2.2.2. Demanda

Sin embargo, la demanda nacional se limita a las zonas del centro del país, el consumo en las zonas norte y sur sucede sólo en épocas específicas, como navidad y cuaresma. En los estados del norte la producción de nopal se destina principalmente al forraje.

Se estima que durante el año 2010 el consumo per cápita fue de 6.4 kg (INEGI, 2014; SIAP, 2014) y la demanda se mantuvo homogénea durante todo el año, con excepción de las festividades antes señaladas.

Respecto a la demanda internacional, Estados Unidos representa el principal comprador de nopalito (Callejas, 2007), el segundo en importancia es Canadá. El interés por consumir nopal se ha extendido a otros países, como Chile, donde se han realizado investigaciones para lograr el establecimiento de plantaciones (Flores *et al.*, 1995).

2.2.3. Precios

Los precios del nopalito están relacionados con la estacionalidad de la producción y en proporción menor, por la presencia de espinas o su ausencia, como puede notarse en los precios ofertados en tianguis o supermercados. La producción mayor

de nopal se obtiene de febrero a agosto, y su precio es el menor por la oferta mayor; aunque en marzo de 2012 los precios fueron los menores de todos (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Precio promedio mensual, en dólares, de 100 nopalitos, durante 2012, en la Central de abastos de Iztapalapa, Distrito Federal, México (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados, SNIIM, 2012).

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3.83	2.72	2.11	2.44	2.90	2.57	3.85	3.46	3.27	3.24	4.19	6.35

El precio medio rural entre los años 2005 y 2010 incrementó de 136.67 a 171.42 dólares por tonelada; sin embargo, en el 2011 los precios disminuyeron (127.99) y fueron los menores en los últimos siete años (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2. Precio medio rural (dólares por tonelada) de nopalito en México (SIACON 2009; SIAP 2012).

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Nopalitos	136.67	162.81	152.41	167.41	142.91	171.42	127.99

El precio real (INPC, 1994=100) del nopalito en los E.E.U.U. tendió a incrementar entre los años 2000 y 2006; éste mostró una tasa de cambio de 40.6 %, desde \$11 790 pesos por tonelada hasta \$16 568 (Banxico, 2007; Callejas-Juárez, 2009).

2.2.4. Costos de producción

En el año 2007, en la Delegación Milpa Alta, Distrito Federal, el costo de producción por hectárea fue de \$ 9 055 pesos e incluyó asistencia técnica (55 %), plásticos para el empaque (19 %), labores de cultivo e insumos (26 %) (SAGARPA, 2009). Este costo es 4.4 veces superior al precio medio rural para este año por lo que resulto ser más cara la producción que lo obtenido, es decir, los productores subsidiaron a los consumidores.

La competitividad debe mantener los productos agropecuarios en su lugar de demanda y está relacionada con el costo de producción comercial. El sistema de producción de nopal utiliza mano de obra abundante durante la cosecha y labores culturales. Los rubros que tienen un costo en el cultivo del nopal son: deshierbe, poda, fertilización, abonado, combate de plagas y enfermedades, riegos, cosecha, empaque, desespinado y limpieza; además deben considerarse los costos de transporte y distribución (Sistema Producto Nopal, 2007).

2.3. Sistema de producción

Entre los sistemas de producción de nopalito en México están las nopaleras silvestres, los huertos comerciales, las plantaciones comerciales y las nopaleras de traspatio (Corrales y Flores, 2003).

La plantación se realiza durante abril y mayo, y algunas veces durante octubre y noviembre; la densidad promedio es generalmente de 40,000 a 55,000 plantas por hectárea, en dependencia del cultivar, suelo y clima (ASERCA, 2001). La multiplicación de los nopales es vegetativa principalmente, por lo que las plantaciones se obtienen después de plantar las pencas, en hoyos y cubrirlas con tierra hasta la mitad con una orientación este – oeste (Figura 2.1).

A pesar del tiempo ancestral de consumo de nopalito, su cultivo y producción en plantaciones comerciales en México es relativamente reciente, probablemente data de 1950 (Flores y Gallegos, 1993; Flores *et al.*, 1995). Además, el aprovechamiento de los diferentes sistemas de cultivo se ha incrementado durante los últimos años.

Las plantaciones comerciales se manejan como:

- a) Sistema tradicional. Las hileras tienen separación de 1 a 1.50 m, la distancia entre plantas es de 1.25 a 1.50 m, las plantas alcanzan altura de hasta 1.50 m y las densidades por hectárea van de 15,000 a 40,000 plantas por ha.
- b) Sistema de microtúnel. Las plantas se cultivan en camas de 1.20 a 2.0 m de ancho, con longitudes de 40 a 47 m y distancia entre ellas de 1 a 1.5 m.

Durante los meses de invierno se coloca material plástico para cubrir las camas y disminuir los daños por helada (Corrales y Flores, 2003).

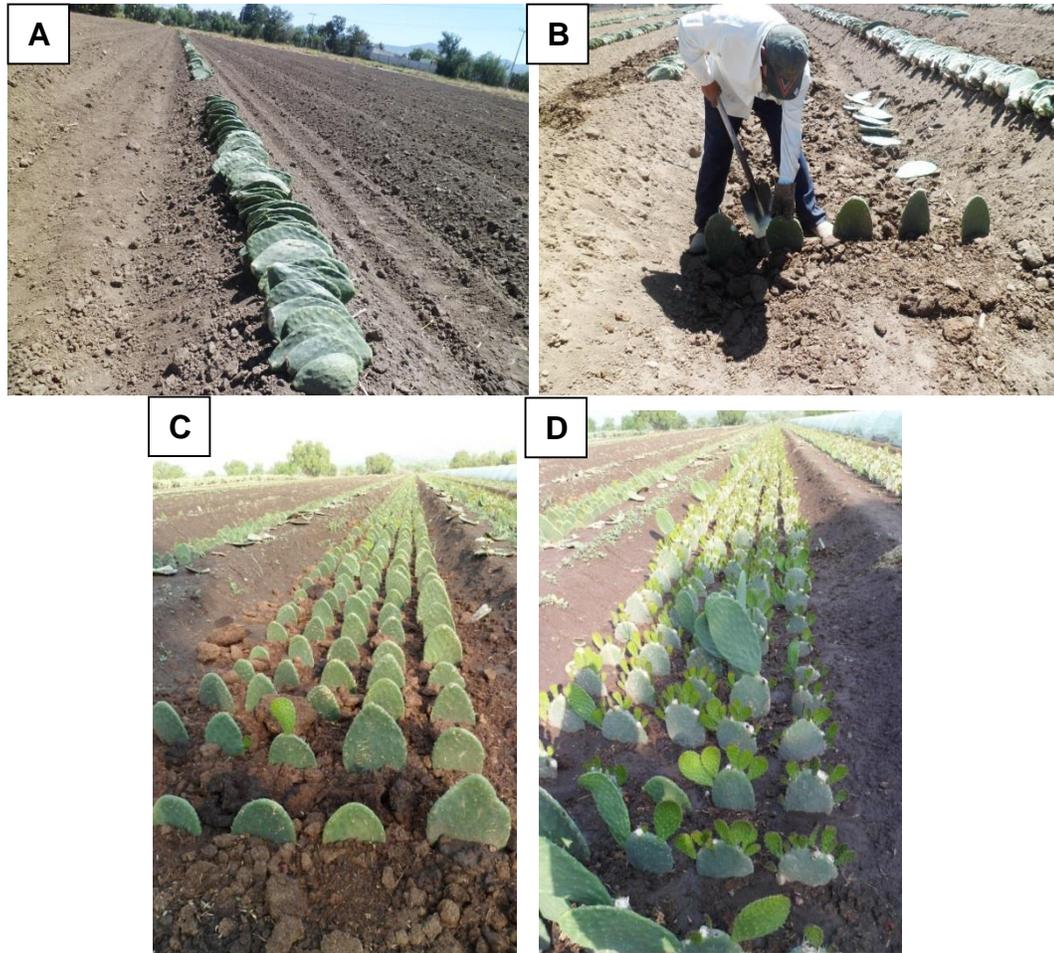


Figura 2.1. Plantación comercial de nopal en sistema de microtúnel (A) preparación del terreno con las pencas acomodadas en la hilera, (B) plantación (C) hileras llenas con pencas y (D) brotes de nopalito.

2.3.1. Zona productora en Milpa Alta

La Delegación Milpa Alta se ubica en el sureste del Distrito Federal; el clima de la región es templado húmedo, con precipitación pluvial anual de 835 a 1200 mm y periodo de lluvias entre abril y septiembre. La temperatura media anual oscila entre

los 13.7 y 16.3 °C y en la temporada invernal desciende hasta 3 a 10 °C (ASERCA, 2001).

Las primeras plantaciones comerciales de nopalito se establecieron en este lugar (Flores *et al.*, 1995), en la década de 1940 (Bonilla, 2009), época en la que los programas de investigación universitarios desarrollaron variedades y sistemas de cultivo para apoyar el interés naciente (Corrales y Flores, 2003). A partir de su incorporación a los sistemas de cultivo comercial, el nopal representó una de las mejores opciones productivas para los campesinos de algunas regiones, quienes sustituyeron sus cultivos de maguey con plantaciones de nopal (Bonilla, 2009).

Así, estas zonas productoras son algunas de las más antiguas y representan la superficie mayor de siembra de nopalito; además, generalmente la producción de nopal es la actividad económica principal y, por lo tanto, la de rentabilidad mayor. Bonilla (2009) destaca que el cultivo se realiza en las áreas consideradas “rurales” y también en aquellas denominadas “urbanas”, como la cabecera delegacional. De las comunidades de la delegación Milpa Alta sobresalen, por la superficie cultivada con nopal, Villa Milpa Alta, San Lorenzo Tlacoyucan y San Jerónimo Miacatlán con cerca de 4000 ha y otras siete con producción varias veces menor que aquellas complementan 4159 ha de la delegación (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3. Superficie sembrada con nopal en las comunidades de Milpa Alta (Bonilla, 2009).

Comunidad	Hectáreas	Porcentaje
Villa Milpa Alta	2 589	62.2
San Lorenzo Tlacoyucan	754	18.1
Santa Ana Tlacotenco	298	7.2
San Jerónimo Miacatlán	132	3.2
San Agustín Ohtenco	100	2.4
San Francisco Tecoxpa	98	2.4
San Juan Tepenáhuac	96	2.3
San Antonio Tecómitl	34	0.8
San Pedro Atocpan	30	0.7
San Pablo Oztotepec	28	0.7
Total	4 159	100

El cultivo en Milpa Alta es de temporal y se realiza principalmente en tierras de uso comunal, los problemas principales se relacionan con la comercialización, pues los productores enfrentan la competencia con sus similares de Tlalnepantla, Morelos (Bonilla, 2009). Una forma de clasificar a los productores de las comunidades mencionadas es: pequeño propietarios, ejidatarios y comuneros de los que existen 1230, 670 y 4870 respectivamente (Bonilla, 2009), a la vez están organizados en asociaciones, sociedades y uniones, y todos ellos conforman la Unión Agrícola de Productores de Milpa Alta y del Distrito Federal.

Las asociaciones son:

- A.A.L. de Productores de Nopal de San Lorenzo Tlacoyucan.
- A.A.L. de Productores de Nopal de Villa Milpa Alta.
- A.A.L. de Productores de Nopal de San Agustín Ohtenco.
- A.A.L. de Productores de Nopal de San Jerónimo Miacatlán y San Juan Tepenahuac.

Sociedades de producción rural:

- Valle de Anáhuac
- Nopalcalli

Uniones de productores:

- Unión de Pequeños Productores de Nopal de Milpa Alta.
- Unión Regional de Pequeños Productores de Nopal, Agropecuarios Forestal y de Agroindustrias de Comuneros de la Zona de Milpa Alta.

Además, existen una organización, una comercializadora y una federación.

- Organización de Nopaleros del Distrito Federal.
- Comercializadora de Productos de Nopal de Milpa Alta.

- Federación de Nopaleros del Distrito Federal de la CNC (Flores *et al.*, 1995, Callejas, 2007).

La comercialización se realiza principalmente en el Centro de Acopio del Nopal Verdura, en la Central de Abastos de Iztapalapa y en el mercado de la Merced, en el Distrito Federal. Además, existen varias empresas que lo industrializan, una de las que destaca es Nopales Azteca.

2.3.2. Zona productora San Martín de las Pirámides

El Estado de México es la tercera entidad con la mayor superficie sembrada de nopalito. En los municipios de San Martín de las Pirámides, Otumba y Nopaltepec están los productores más importantes del Estado.

El municipio de San Martín de las Pirámides se localiza al noreste del estado de México (longitud 98° 45'40", latitud 19° 37' 05 a 2300 msnm); el clima de la región es templado semiseco, con temporada de lluvias en verano, entre junio y octubre; la temperatura media anual oscila entre los 16 y 17 °C (Gobierno Municipal de San Martín de las Pirámides).

En esta región se cultiva el cultivar Atlixco en condiciones de temporal; algunos productores protegen las "melgas" con cubiertas plásticas durante la temporada invernal, para evitar los daños provocados por las temperaturas bajas.

De acuerdo con Callejas (2007), en el Estado de México las organizaciones de productores de nopal y tuna son:

- Federación Estatal "Emiliano Zapata del Valle de Teotihuacán"
- Consejo de Productores de Nopal, Tuna y Xoconostle
- Seis asociaciones
- 35 grupos
- 11 asociaciones diversas

De ellas destacan:

- PRONACUA S.C DE R.L DE C.V en Cuautlacingo, Otumba
- Grupo Agrícola Ixquitlán S.P.R de R.L en San Martín de las Pirámides

2.4. Comercialización e inocuidad

El lugar de comercialización principal de nopalito es la Central de Abastos de Iztapalapa, D.F., donde se comercializa aproximadamente 70 % de la producción nacional (Flores *et al.*, 1995).

Los nopalitos se empaquetan en pacas cilíndricas, rejas de madera, cajas plásticas y cajas de cartón en dependencia del lugar al que vayan a enviarse. La mayor parte de la producción se comercializa en fresco y con espinas, pues la vida de anaquel, que es de siete días, disminuye con la eliminación de estas estructuras. Una proporción menor de nopalitos se comercializa sin espinas generalmente en los centros comerciales y tianguis, pero la vida postcosecha de los nopales desespinados es de dos días.

Recientemente, el consumo de alimentos inocuos, libres de contaminantes o cualquier sustancia que pueda ser nociva para la salud ha cobrado importancia.

La inocuidad alimentaria se puede entender como la implementación de medidas para reducir los riesgos provenientes de contaminantes biológicos y químicos para proteger la salud de los consumidores (Roberts, 1999).

México ha establecido normas en materia de calidad e inocuidad para los alimentos que produce, y además debe regirse por lo establecido por la comisión del Codex Alimentarius para la comercialización.

2.4.1. Norma mexicana del nopalito y Codex Alimentarius

Las dos normas que establecen los lineamientos y características que deben cumplir los nopalitos para su comercialización son:

- I. La Norma Oficial Mexicana
- II. La Norma Codex Stan 185 (Codex Alimentarius FAO)

La norma oficial mexicana se elaboró con base en lo especificado en el Codex Stand y ambas normas establecen forma distinta de los lineamientos para su aplicación. Así, el contraste mayor está en la especificación de la presentación del producto; la norma mexicana se refiere a los nopales con espinas y el Codex establece que los nopales deben estar exentos de ellas. La norma aplica para el suministro de los nopales frescos al consumidor y se excluyen aquellos destinados a la transformación en la industria.

Los criterios a los que ambas normas hacen referencia son los siguientes:

a) Requisitos mínimos de calidad

- Enteros y bien formados
- Consistencia firme
- Sanos
- Exentos de daños por plagas, manchas y pudriciones, humedad anormal, olores y sabores extraños
- Forma, color, sabor y olor característicos de la especie

b) Clasificación

Las categorías de clasificación por calidad que establece la norma oficial mexicana son: "México Extra", "México 1" y "México 2"; las asignadas por el Codex son: "Clase Extra", "Clase I" y "Clase II". Los intervalos incluidos en ambas normas están entre los 9 y 30 cm, y difieren en la asignación de las categorías, la norma oficial mexicana las asigna de mayor a menor, la letra "A" corresponde a la categoría con tamaño mayor (25 a 30 cm), por el contrario en el Codex esta letra se asigna a la categoría con tamaño menor (9 a 13 cm).

Tolerancias de calidad y defectos

El Codex refiere tolerancias de calidad del 5 al 10 % según la categoría. La norma oficial mexicana es más puntual al respecto, y los grados de tolerancia los asigna en función del origen del agente que causa el defecto, y las especificaciones del tamaño y los defectos permitidos para el producto, objeto de esta norma, deben corresponder con el grado de calidad.

c) Empaquetado

En el apartado de envases y presentación comercial la norma oficial mexicana contrasta con el Codex, porque describe los tipos de envases, su capacidad y material de fabricación, para el transporte y comercialización del producto. El Codex especifica que el material de empaque, especialmente el que está en contacto con el producto, debe ser nuevo, estar limpio y en condición que no le cause ningún daño interno ni externo; ambas incluyen las especificaciones para el marcado y etiquetado del producto.

d) Higiene

Se recomienda que los productos regulados por las disposiciones de la norma se preparen y manipulen según las secciones apropiadas del Código Internacional Recomendado de Prácticas-Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CAC/RCP 1-1969, Rev. 3-1997) y otros textos del Codex pertinentes, como los Códigos de Prácticas y Códigos de Prácticas de Higiene.

2.4.2. Inocuidad alimentaria

La inocuidad alimentaria es la implementación de medidas que reducen los riesgos de aditivos biológicos y químicos para que el consumo de un alimento no represente peligros involuntarios (Roberts, 1999). En el caso de las hortalizas, la inocuidad se refiere al establecimiento de buenas prácticas agrícolas y otros controles que reduzcan los riesgos de contaminación microbiana (Avendaño *et al.*, 2007). Por lo que la inocuidad, representa un proceso que debe asegurar y garantizar la obtención

de alimentos libres de peligros para el consumo de la población. Piñeiro y Díaz (2004) precisaron que además de la seguridad e inocuidad, la calidad de los alimentos debe ser alta, inclusive la nutricia y sensorial, con referencia en los estándares de calidad desarrollados en cada país. Además se recomienda la implementación del sistema de reducción de riesgos de contaminación (SRRC) en el sistema de producción (Martínez-Martínez *et al*, 2012).

La inocuidad alimentaria es un tema que ha adquirido recientemente importancia notoria en el ámbito nacional e internacional y está regulada bajo leyes y reglamentos diversos. El sistema de reducción de riesgos de contaminación (SRRC), legislado bajo la Ley Federal de Sanidad Vegetal, tiene como finalidad promover, verificar y certificar las actividades realizadas en la producción primaria de vegetales con el propósito de evitar su contaminación, mediante la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA" s) y el uso y manejo adecuados de insumos utilizados en el control de plagas (Carranza y Tovar, 2011). En México, los SRRC se encuentran implementados en productos hortícolas que tienen importancia económica, como el nopal; pero, no todas las unidades de producción han sido integradas a este sistema, además no existe una cuantificación del nivel de calidad del producto certificado (Martínez-Martínez *et al.*, 2012).

La implementación de sistemas de inocuidad en la comercialización de alimentos está cobrando auge en el comercio internacional y los gobiernos han recurrido a la aplicación de regulaciones que garanticen que los productos que ingresan a su país sin poner en riesgo la salud de los consumidores. Esta situación ha generado duda de la efectividad de estas medidas que parecen representar una barrera nueva de protección contra los países exportadores emergentes (Avendaño *et al.*, 2002).

2.4.3 Manejo postcosecha

La cosecha de los nopalitos se realiza entre los 30 y 60 días después de la brotación, cuando su longitud es de 20 a 25 cm y pesan entre 90 y 100 g (Cantwell, 1999; Pimienta-Barrios, 1993); el tamaño del cladodio es el índice de cosecha más empleado por los productores. Si la venta es por peso, los nopalitos de mayor

tamaño resultan más rentables, con la desventaja de que los nopalitas podrían tornarse fibrosos con el tiempo de crecimiento (Flores *et al.*, 1995); el corte se realiza con cuchillo en la base de la penca (Corrales y Flores, 2003), la forma de corte mediante el tronchado manual (ejercer fuerza sin uso de cuchillo) no es recomendable para las pencas jóvenes ya que puede ocasionales daños. Generalmente, la cosecha se realiza por las mañanas para evitar incrementos en la acidez de los nopalitas (Corrales y Flores, 2003) y permitir la venta en el mismo día; sin embargo, la acidez de los tejidos no es estable durante la postcosecha, pues incrementa, independientemente de la hora de cosecha, en los primeros días en postcosecha (Corrales *et al.*, 2004). Se recomienda no exponer los nopalitas cosechados al sol para preservar su calidad y vida de anaquel, así como refrigerarlos inmediatamente, aunque esta práctica no es común. Después de la cosecha, se arreglan en pacas o se colocan en rejas plásticas o canastos y se transportan al mercado de destino (Osorio-Córdoba, 2011). Cuando el destino está lejos del sitio de producción (exportación o mercados no regionales), se empacan en cajas de madera con 5 a 20 kg cubiertas con papel y se transportan en camiones refrigerados (10 °C) (Cantwell, 1995).

Después de la cosecha, los nopalitas mantienen su tasa de respiración moderada (25 mL CO₂ g⁻¹h⁻¹ a 20 °C) y la producción de etileno es baja (0.2 mL g⁻¹h⁻¹ a 20 °C) (Cantwell *et al.*, 1992), pero son altamente perecederos debido a daños por oxidación y deshidratación acelerada (Corrales, 2010).

La forma habitual de ofrecer los nopalitas al consumidor es fresco y con espinas para prolongar la vida postcosecha, o sin espinas para consumo casi inmediato, y es preferible venderlos durante los primeros tres días, antes de que su calidad demerite (Rodriguez-Felix y Villegas- Ochoa, 1998). Osorio-Córdoba *et al.* (2011) evaluaron el efecto del envasado en atmósferas modificadas en la calidad del nopal desespinado “Milpa Alta” durante la postcosecha; también se han realizado investigaciones para prolongar la vida de anaquel del nopal con espinas (Cantwell *et al.*, 1992; Guevara *et al.*, 2001). El nopal también se ofrece enlatado y se comercializa principalmente para exportación a E.E.U.U. y Europa, Alemania y España (Guevara-Arauz, 2002).

Las investigaciones enfocadas al almacenamiento incluyen factores como temperatura, humedad relativa, cosecha y empaque (Cantwell *et al.*, 1992; Nerd *et al.*, 1997; Rodríguez-Félix y Villegas-Ochoa, 1997). El problema principal es el manejo de la temperatura, ya que al simular las condiciones de mercado, a 20 °C, existe pérdida de humedad y, en consecuencia del peso; además, al almacenarlos a 10 °C se presentan daños por frío (Cantwell *et al.*, 1992; Nerd *et al.*, 1997).

2.4.4. Manejo de nopalito para exportación

La principal recomendación para el manejo de los nopalitos destinados a la exportación es cuidar el manejo agronómico de la plantación; por lo que debe estar limpia (libre de basura, envases, desechos y desperdicios), libre de plagas y sobre todo libre de residuos de plaguicidas. El corte debe realizarse siempre con cuchillo y en caso de que el mercado lo requiera desespinarlo, debe empacarse en bolsas de poliestireno, mantenerse entre 8 y 10 °C y adicionar antioxidantes que no estén restringidos por la FDA (Food and Drug Administration), como el ácido cítrico (Flores *et al.*, 1995).

De acuerdo con Flores y Olvera (1993), el nopalito para exportación puede clasificarse en cuatro grupos:

- a) Nopalito fresco con espinas
- b) Nopalito desespinado
- c) Nopalito procesado en salmuera o escabeche
- d) Nopalito precocido y congelado

El tamaño y los defectos de los nopalitos para exportación deben calificarse según lo señalado en el Códex Alimentarius. Para los mercados internacionales la aplicación de estándares de calidad uniformes parece necesaria para compararla con la de otras hortalizas de mayor consumo (Caplan, 1995).

De acuerdo con la información obtenida en campo, la característica principal en que se basan los productores de nopal de las regiones de San Martín de las Pirámides y

Otumba, para seleccionar los destinados a la exportación es el tamaño de los nopalitos. Para el traslado del sitio de recolecta a las aduanas y centros de acopio en el extranjero, entre 18 y 20 kg de nopalitos se colocan en cajas plásticas, se cubren con papel estraza y son etiquetados con especificaciones del producto, origen y contenido, se transportan en camiones refrigerados a una temperatura de 35 °F con un mínimo de 1152 cajas.

2.4.5. Sistema producto

Con la creación del sistema producto se buscó consolidar la integración de las cadenas productivas y la estructuración y operación del Plan Rector (SAGARPA), su elaboración está sustentada en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable y se define como el “conjunto de elementos y agentes concurrentes de los procesos productivos de productos agropecuarios, incluidos el abastecimiento de equipo técnico, insumos y servicios de la producción primaria, acopio, transformación, distribución y comercialización”. El objetivo del plan rector del Sistema Producto Nopal es identificar los factores determinantes en la competitividad en todo aquello que conforma cada una de las tres líneas de producción (tuna, forraje y verdura), como: insumos, producción, industrialización, comercialización y consumo, con la finalidad de establecer acciones que garanticen la consolidación de todos los participantes como unidades económicas en el largo plazo (Plan Rector Sistema Producto Nopal, 2012). En realidad de lo observado en la presente investigación los apoyos son mínimos.

En el año 2003, entró en vigencia el Consejo Mexicano del Nopal y la Tuna (CoMeNTuna) como un organismo de representación nacional de productores de nopal y tuna ante el Comité Nacional del Sistema producto-nopal y tuna. Posteriormente en el año 2009 se constituyó el Comité Nacional Sistema Producto Nopal y Tuna A.C. que representa a cerca de 50 000 productores de nopal y tuna pertenecientes a los estados de Aguascalientes, Jalisco, Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí,

Tamaulipas, Tlaxcala y Zacatecas (Comité Nacional Sistema Producto Nopal y Tuna, 2014).

De acuerdo con Valencia-Sandoval *et al.* (2010) la mayor parte de los productores de nopal pertenecen al sector social aunque también pequeños propietarios están incursionando en esta actividad.

2.5. Comercio internacional de nopalito

Durante mucho tiempo el nopalito se ha manejado como una hortaliza étnica mexicana, las causas que han limitado su consumo en otros países son diversas. Los resultados de investigaciones recientes en las que se han demostrado sus efectos en la fisiología de los humanos y otros animales, es motivo por el cual la demanda se ha extendido a EE.UU., Canadá, Japón, Italia y Turquía (Sáenz, 2004; Stintzing y Carle, 2005).

México es el mayor exportador de nopalito y recientemente otros países hacen exportaciones incipientes. Las exportaciones iniciales se hicieron a EE.UU. y Canadá, debido a la población abundante de mexicanos que habitan ahí, y después la exportación se extendió a Europa y Asia, sin embargo los niveles comercializados continúan siendo incipientes (Flores, 2009).

Actualmente, cada vez más los países están cultivando nopal, en muchos de ellos el producto de interés es la tuna y no el nopalito. Además de México, EE.UU. está produciéndolo y Chile ha mostrado un interés en su producción. En el último caso se han aprovechado las plantaciones de nopal tunero, para obtener y exportar pequeñas cantidades de nopalitos (Flores *et al.*, 1995). A pesar de las investigaciones que se han realizado con el fin establecer y hacer del cultivo de nopal una actividad productiva y rentable, fuera de México tienen dos grandes limitantes, una es la ausencia de la experiencia histórica en la producción y consumo, y la otra es la diversidad y riqueza de especies cultivadas.

2.5.1. Estados Unidos

Las exportaciones de nopalito mexicano a EE.UU., incrementaron 12.8 % entre los años 2000 y 2004, y los principales compradores se localizaban en McAllen, San Antonio, Los Ángeles, Chicago y Arizona (Callejas, 2007). Pero, la exportación de nopalito fresco tiene inconvenientes, ya que si se transporta con las espinas el manejo es complicado por el roce que provocan las espinas de los nopalitos al apilarlos y si se eliminan la oxidación se acelera. Este daño puede disminuirse si son empaquetados en bolsas de polietileno y refrigerados, pero el costo incrementa.

Además de los problemas del manejo, la legislación relativa a la inocuidad de los productos alimentarios que importa EE.UU. es notablemente estricta. Entre otros puntos, la legislación autoriza a la FDA para rechazar la entrada de productos alimenticios importados si la empresa extranjera o el país se niegan a permitir su inspección y puede exigir una certificación, basada en criterios de riesgo, para asegurar el cumplimiento de los requisitos para la importación de productos alimenticios (Marquitz y Sandoval, 2010); por esto, los productores deben asegurarse de cumplir las normas de calidad y la restricción de uso de plaguicidas o algún otro compuesto químico en los nopalitos que se destinan a ese país.

2.5.2. Japón

En años recientes, Japón se ha identificado como un mercado con potencial amplio para la exportación de nopalito. Investigaciones realizadas por la Consejería Comercial de PROMEXICO en Japón (2007) indican que a pesar de que los cactus son reconocidos en Japón como plantas de ornato, el uso del nopal como alimento es desconocido, y los volúmenes comercializados hacen referencia a nopalito en salmuera y en polvo, pero no frescos; además, recientemente el nopal congelado también se ha incorporado a las exportaciones. Los datos de esta Consejería indicaron volúmenes de exportación de más de 2000 kg en el año 2005 e incrementos de 13 % hacia el año 2007. En este caso, como en otros países, para la exportación del nopal fresco deben cumplirse los estándares internacionales del CODEX (CODEX 185-1993, EMD. 1-2005).

2.6. Propiedades físicas y químicas de los nopalitos

2.6.1. Calidad

La calidad incluye características establecidas en normas y estándares, relacionadas con tamaño, color, madurez, presencia de defectos y residuos de plaguicidas. En México también existen normas de calidad, que se refieren a la presentación del nopal y no incluyen aspectos de estandarización de los requisitos específicos que se deben cumplir, y los términos que se manejan son ambiguos y laxos.

En términos generales la calidad es considerada por los consumidores como el conjunto de atributos más importantes para la aceptabilidad de un producto, otros parámetros apreciados por los consumidores son el precio, la reputación, la frescura y la garantía (Traill, 1999). Los estándares de calidad deben mantenerse elevados para tener éxito y posicionamiento en el mercado, ya sea interno o de exportación (Valdez-Cepeda *et al.*, 2004). La calidad de un producto hortofrutícola es una combinación de cualidades, atributos y propiedades nutricionales que le dan valor como alimento (Kader, 2007).

Específicamente, en el caso de los nopalitos, Rodríguez-Félix y Cantwell (1988) mencionan que la calidad se ve reflejada en su apariencia fresca y delgada, su turgencia y el color verde brillante; en consecuencia el oscurecimiento, pérdida de color, y disminución de la firmeza provocan el rechazo del consumidor. Calvo-Arriaga *et al.* (2010) realizaron un estudio sensorial para determinar las principales características de calidad reconocidas por los consumidores de nopalito, y observaron que la aceptabilidad de los nopalitos se relaciona con los atributos químicos, físicos y sensoriales ejercen mayor influencia para su aceptabilidad.

Así, las características físicas y químicas, y por lo tanto la calidad de los nopalitos, dependen de factores como el estado de desarrollo (Rodríguez y Cantwell, 1988), variedad, manejo agronómico de la plantación (Flores, *et al.*, 2004) y manejo postcosecha (Corrales *et al.*, 2004).

2.6.2. Características físicas

La epidermis del nopal consta de una capa de células epidérmicas y de 6 a 7 capas de células hipodermales con pared celular muy gruesa. La cutícula, está formada por capas de cutina, que es una sustancia lipóide formada por una mezcla de ácidos grasos que se polimerizan espontáneamente en presencia de oxígeno y que repele el agua. La cutícula del nopal, en comparación con la de la mayoría de las plantas, es relativamente gruesa, de 8 a 20 μm en *O. ficus-indica* (Sudzuki, 1995; Corrales, 2010).

El espesor de los cladodios es de 2 a 3 cm y depende de la edad de la planta y la cantidad de agua y nutrientes recibidos durante el crecimiento (Sudzuki *et al.*, 1993). La epidermis tiene dos capas, una formada por el clorénquima, es en la que se lleva a cabo la fotosíntesis, y el parénquima, capa interna formada por células blancas, con función de almacenar agua (Granados y Castañeda, 1991; Pimienta, 1990).

Al respecto de las características físicas de los nopales se han realizado evaluaciones en cuanto a longitud y anchura (Aguilar-Sánchez *et al.*, 2007), firmeza o resistencia al corte (Rodríguez-Félix y Villegas, 1997; Betancourt-Domínguez *et al.*, 2006; Aguilar-Sánchez *et al.*, 2007; López-Palacios *et al.*, 2010; Calvo-Arriaga *et al.*, 2010; Meraz-Maldonado *et al.*, 2012), color (Aguilar-Sánchez *et al.*, 2007; López-Palacios *et al.*, 2010; Meraz-Maldonado *et al.*, 2012), pérdida de peso (Meraz-Maldonado *et al.*, 2012), contenido de agua (Betancourt-Domínguez *et al.*, 2006) así como las preferencias de los consumidores en el aspecto visual de los cladodios (Toivonen y Brummell, 2008; Calvo-Arriaga *et al.*, 2010).

2.6.3. Características químicas

La composición química y calidad nutrimental es relativamente variable y depende de factores diversos, como especie, variedad, estación de cosecha, tamaño y estado de desarrollo de la planta, condiciones agronómicas de producción y sitio de cultivo (Flores y Aguirre, 1979; Nobel, 1983; Rodríguez-Félix y Cantwell, 1988; Batista *et al.*, 2003; Peña-Valdivia *et al.*, 2012). De acuerdo con Cantwell (1999) el valor nutrimental

del nopalito fresco es comparable con el de la lechuga y las espinacas pero con la ventaja de que la producción es más rápida y las condiciones ambientales de temperaturas altas y escasez de agua son desfavorables para las hortalizas.

La composición química de los nopalitos es: agua (91 %), proteínas (1.5 %), lípidos (0.2 %), carbohidratos totales (4.5 %), cenizas (1.3 %), de las cuales 90 % es calcio, fibra (1.1 %), vitamina C y carotenoides (Rodríguez-Félix y Cantwell, 1988). Además de su riqueza de calcio también contiene potasio (93 y 166 mg/100); sin embargo, la proporción mayor de calcio se presenta en forma de cristales de oxalato de calcio, lo que reduce la disponibilidad de este mineral para el consumidor (McConn y Nakata, 2004). En contraste, los nopalitos contienen poco sodio, lo que es favorable.

Los nopalitos jóvenes tienen mayor contenido de agua, carbohidratos y proteínas; con el crecimiento incrementan el contenido de fibra y las proteínas disminuyen (Stintzing y Carle, 2005).

a) Acidez

Una característica fisiológica típica de los nopalitos es su metabolismo ácido de las crasuláceas (MAC), por esto presentan cambios en el contenido de ácido málico durante el día. La concentración de ácido es más elevada al amanecer que durante el día; estos cambios se deben a que el ácido se acumula en las vacuolas durante la noche y al haber presencia de luz se difunde al citoplasma donde es descarboxilado, por la enzima málica dependiente de NADP⁺, y el CO₂ ingresa al ciclo de Calvin para la síntesis de carbohidratos (Rodríguez- Félix y Villegas Ochoa, 1997; Taiz y Zeiger, 2006). Esto ocasiona que la acidez de los nopalitos varíe en dependencia de la hora del día y afecte su sabor (Rodríguez-Félix y Cantwell, 1988; Corrales *et al.*, 2004); sin embargo, se ha demostrado que las fluctuaciones de la acidez continúan aun después de cosechado y está en función de la hora de consumo (Corrales *et al.*, 2004).

b) Mucílagos

Otra característica distintiva de los nopalitos es el mucílago que contienen (Peña-Valdivia y Sánchez-Urdaneta, 2006). Los mucílagos son un grupo complejo de polisacáridos, son indigeribles por los humanos y tienen carácter higroscópico, son liberados de los nopalitos como material viscoso cuando los tejidos son seccionados (López-Palacios *et al.*, 2012; Peña-Valdivia *et al.*, 2012). Un polisacárido es una macromolécula formada por unidades de monosacáridos. Los polisacáridos que están en los alimentos se pueden clasificar de acuerdo con su papel en la alimentación humana y se dividen en disponibles para el metabolismo y no disponibles. Los polisacáridos no disponibles también son conocidos como fibra dietética o fibra de los alimentos incluye sustancias pécticas, mucílagos, hemicelulosas y celulosa, además de otros componentes como lignina y pequeñas proporciones de proteínas estructurales (Peña y Sánchez, 2004).

Las células mucilaginosas se encuentran dentro de las capas de clorénquima y parénquima, aunque son más abundantes en esta última (Pimienta, 1990; Terrazas y Mauseth, 2002). El mucílago se compone de proporciones variables de L-arabinosa (35–45 %), D-galactosa (20–25 %), L-ramnosa (7–8 %), D-xilosa (7–8 %) y ácido galacturónico (19–31 %) (Peña y Sánchez, 2004). Está clasificado como un hidrocoloide porque tiene capacidad de retener gran cantidad de agua; por lo que tiene un papel en la fisiología de estas plantas debido a que las plantas de este género comúnmente crecen bajo condiciones de estrés hídrico (Nobel *et al.*, 1992).

Los polisacáridos estructurales tienen un efecto benéfico en la fisiología humana y tienen importancia comercial al ser materia prima de diversas industrias, como la alimentaria, farmacéutica, cosmetológica y de forrajes (Peña y Sánchez, 2004; Peña-Valdivia *et al.*, 2012).

El mucílago contenido en los cladodios puede estar determinado por diversos efectos, como el manejo agroquímico del cultivo, la temperatura y la disponibilidad de agua (Nobel, 1992), por lo que puede incrementarse en los periodos de sequía (Goldstein *et al.*, 1991). De acuerdo con Peña y Sánchez (2004) la variabilidad en el

contenido del mucílago en función de la variante tiene importancia en la comercialización de acuerdo a la preferencia de los consumidores.

c) Clorofila y carotenoides

El color está asociado con la presencia de ciertos pigmentos en el tejido; entre ellos está la clorofila, que confiere el color verde (Schmalko *et al.*, 2005). El color verde es un atributo de calidad de los nopalitos frescos (Rodríguez-Félix y Cantwell, 1988).

Los carotenoides que contienen los nopalitos están compuestos por β -caroteno (36%), luteína (46%) y criptoxantina (18%) (Jaramillo-Flores *et al.*, 2003; Palace *et al.*, 1999); independientemente de las funciones fisiológicas en los nopalitos, se ha señalado que son importantes para la salud de los humanos, pues, se ha demostrado que la ingesta de carotenoides puede disminuir el riesgo de contraer diversas enfermedades y cáncer (Betancourt *et al.*, 2006).

Se ha demostrado que cada 100 g de tejido fresco de cladodios contienen aproximadamente entre 11 y 53 mg de β -caroteno (Pimienta-Barrios, 1993; Teles *et al.*, 1994; Rodríguez-Félix y Villegas, 1997; Guevara *et al.*, 2001) y la cantidad es modificada por los tratamientos térmicos (Jaramillo-Flores *et al.*, 2003) y en nopalitos silvestres por la especie y el tamaño (Betancourt *et al.*, 2006).

2.7. LITERATURA CITADA

Aguilar-Sánchez, L.; M.A. Martínez-Damian; A.F. Barrientos-Priego; N. Aguilar-Gallegos; C. Gallegos-Vásquez. 2007. Potencial de oscurecimiento enzimático de variedades de nopalito. *Journal of Professional Association for Cactus Development* 9:165-184.

Anaya P., M. A. 2001. History of the use of *Opuntia* as forage in Mexico. In: J. Mondragón C. & S. Pérez G. (eds). *Cactus (Opuntia spp.) as Forage*. FAO. *Plant Production and Protection* 169:5-12.

- Aristeo, C. P. 2001. Reguladores del crecimiento XV: efecto de brasinoesteroides, ácido salicílico y betaína sobre la precocidad, crecimiento y rendimiento del nopal verdura (*Opuntia ficus indica* (L) Mill). Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México. 119 p.
- ASERCA. 2001. Nopal, leyenda, comercio y futuro en México. Claridades Agropecuarias 98:3-21
- Avendaño, R. B. D; Schwentesius, R. R.; Lugo, M. S. 2002. Inocuidad en hortalizas ¿Beneficio para el consumidor o nueva barrera al comercio? Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Universidad Autónoma Chapingo. Reporte de investigación 64:7-32.
- Avendaño, R. B. D; Schwentesius, R. R.; Lugo, M. S. 2007. La inocuidad alimentaria en la exportación de hortalizas mexicanas a Estados Unidos. Comercio exterior 57(1): 6-18.
- Banxico. 2007. Informe anual 2007. Banco de México.173 p.
- Batista, A. M., Mustafa, A. F., McAllister, T., Wang, Y., Soita, H., McKinnon, J. J.2003. Effects of variety on chemical composition, in situ nutrient disappearance and in vitro gas production of spineless cacti. J. Sci. Food Agric. 83: 440–445.
- Betancourt, D. M. A.; Hernández, P. T.; García, S. P.; Cruz, H. A.; Paredes, L. O. 2006. Physico-chemical changes in cladodes (nopalitos) From Cultivated And Wild Cacti (*Opuntia* spp.). Plant Foods for Human Nutrition 61: 115–119.
- Bravo, H. H. 1978. Las cactáceas de México. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 743 p.
- Bravo, H. H.; L. Scheinvar. 1995. El interesante mundo de las cactáceas. Fondo de Cultura Económica. México. 223 p.

- Binns, C. 2003. Consume only moderate amounts of sugars and foods containing added sugars. *Journal of the Home Economics Institute of Australia* 10: 27-37.
- Bonilla, R. R. 2009. Agricultura y tenencia de la tierra en Milpa Alta. Un lugar de identidad. *Argumentos* 22: 249-282.
- Callejas J, Nicolás. 2007. Situación actual y perspectivas del mercado para la tuna, el nopalito y sus derivados en el Estado de México, 2006. Tesis de doctorado. Colegio de Posgraduados. México. 131 p.
- Callejas-Juárez, N., J. A. Matus G., J. A. García S., M. A. Martínez D., y J. M. Salas G. 2009. Situación actual y perspectivas de mercado para la tuna, el nopalito y derivados en el Estado de México, 2006. *Agrociencia* 43: 73-82.
- Calvo–Arriaga, A.O.; A. Hernández–Montes; C.B. Peña–Valdivia; J. Corrales–García; E. Aguirre–Mandujano. 2010. Preference mapping and rheological properties of four nopal (*Opuntia* spp.) cultivars. *Journal of Professional Association for Cactus Development* 12: 127-142.
- Cantwell, M.; A. Rodríguez F.; F. Robles C. 1992. Postharvest physiology of prickly pear cactus stems. *Scientia Horticulturae*. 50: 1-9.
- Cantwell, M. 1995. Post-harvest management of fruits and vegetable stems. In: Barbera, G.; Inglese, P. y Pimienta B., E. (Eds.). *Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear*. FAO Plant Production and Protection Paper 132. Food and Agriculture Organization. Rome, Italy. pp. 120-136.
- Cantwell, M. 1999. Manejo postcosecha de tunas y nopalitos. pp. 126-143. In: G. Barbera, P. Inglese y E. Pimienta, eds. *Agroecología, cultivo y usos del nopal*. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal, 132. Roma.
- Caplan, K. 1995. Merchandising, distribution and marketing nopalitos and cactus pears. pp. 46-47. In: *Proceedings of the First Annual Conference of the*

Professional Association for Cactus Development. San Antonio, Texas. Estados Unidos de América.

Carranza de M. O; A.L. Tovar D. A. 2011. La inocuidad de los alimentos en México: retrospectivas y perspectivas. In: Hernández-Sánchez D, D. A. Gutiérrez-Arenas (Comp.). Memorias del Primer Simposio en Inocuidad y Calidad de Alimentos. Primera Ed. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. México. 115 Pág.

CODEX STAN 185. Norma del CODEX para el nopal (CODEX STAN 185-1993, EMD. 1-2005).

Comisión nacional de las zonas áridas. 1994. Nopal verdura cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. Instituto Nacional de Ecología. 31 p.

Corrales, G. J. 1992. Descripción y análisis de la cosecha y manejo en fresco del nopalito y tuna. CIESTAAM-UACH. Chapingo. México. 10p.

Corrales G. J.; V.C. Flores. 2003. Nopalitos y tunas: producción, comercialización, postcosecha e industrialización. Universidad Autónoma Chapingo. CIESTAAM-Programa Nopal. México. 225 p.

Corrales, J.; C. B. Peña-Valdivia; Y. Razo M; M. Sánchez H. 2004. Acidity modification associated to hour of the day of cut and elapsed time since harvest, and pH-buffer capacity in nopalitos (*Opuntia* spp.). *Postharvest Biology and Technology*. 32 (2): 169-174.

Corrales, G. J. 2010. Perspectivas agroindustriales de la postcosecha de nopalito y la tuna. IX Simposium-Taller Nacional y II Internacional "Producción y aprovechamiento del nopal y maguey"

Cummings, J.H.; L.M. Edmond; E.A. Magee. 2004. Dietary carbohydrates and health: ¿do we still need the fiber concept? *Clinical Nutrition Supplements* 1: 5-17.

- Feugang, M.J; P. Konarski; D. Zou; F. C. Stintzing; C. Zou. 2006. Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Frontiers in Bioscience* 11:2574-2589.
- Flores V., C.A. y J. R. Aguirre R. 1979. El Nopal como Forraje. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. México. 80 p.
- Flores V., C. A. 1994. Producción, industrialización y comercialización del nopal como verdura en México. UACH-CIESTAAM. Reporte de investigación 18 p.
- Flores V., C.A.; J. Olvera M. y M. Cruz. 1993. Producción y comercialización de nopal verdura en Milpa Alta, D.F. Reporte de Servicio. CIESTAAM-Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 52 p.
- Flores V., C. A.; M. Olvera. 1994. El sistema-producto nopal verdura en México. SARH. Universidad Autónoma Chapingo. CIESTAAM. Chapingo, México. 150 p.
- Flores, V.; De Luna E.; Ramírez, M. 1995. Mercado mundial del nopalito. ASERCA-CIESTAAM-UACH. 176 p.
- Flores, V.; V. Gallegos. 1993. Situación y perspectivas de la producción de tuna en la región Centro-Norte de México. CIESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 180 p.
- Goldstein, G.; J.L. Andrade; P. Nobel. 1991. Differences in water relations parameters from the chlorenchyma and the parenchyma of the *Opuntia ficus-indica* under wet versus dry conditions. *Australian Journal of Plant Physiology*. 18: 95-107.
- Granados, S.D., Castañeda, P. A. 1991. El nopal. Ed. Trillas. México. pp 5-31.
- Guevara, J. C., Yahia, E. M., Brito de la Fuente, E. 2001. Modified atmosphere packaging of prickly pear cactus stems (*Opuntia* spp.). *Lebensm.Wiss. Technol.* 34: 445–451.

- Guevara-Arauza, J.C; Yahia, E. 2002. El nopal. *Horticultura Internacional*
- Jaramillo-Flores, M.; M. González-Cruz; L. Cornejo-Mazón; L. Dorantes-Alvarez; H. Hernández-Sánchez. 2003. Effect of thermal treatment on the antioxidant activity and content of carotenoids and phenolic compounds of cactus pear cladodes (*Opuntia ficus-indica*). *Food Science and Technology International* 9: 271–278.
- Kader, A.A. 2007. Factores de seguridad y calidad: definición y evaluación para productos hortofrutícolas frescos. In *Tecnología Poscosecha de Productos Hortofrutícolas*. 3ª edición. Kader, A. (Ed.). University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, California, USA. pp. 315-322.
- Kiesling, R. 1998. Origen, domesticación y distribución de *Opuntia ficus-indica*. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. 3: 50-59.
- López-González, J.J. 2011. Uso y manejo del nopal forrajero en el noreste de México. *Memorias del IX Simposium-Taller Nacional y II Nacional de Producción del Nopal y Maguey*. *Revista Salud Pública y Nutrición*. Edición Especial 5: 121-134.
- López-Palacios, C.; J.A. Reyes-Agüero; H.M. Ramírez-Tobias; B.I. Juárez-Flores; J.R. Aguirre-Rivera; L. Yañez-Espinosa; M.A. Ruíz-Cabrera. 2010. Evaluation of attributes associated with the quality of nopalito (*Opuntia* spp. and *Nopalea* sp.). *Italian Journal of Food Science* 4(22): 423-431.
- López-Palacios, C., C. B. Peña-Valdivia, J. A. Reyes-Agüero, and A. I. Rodríguez-Hernández. 2012. Effects of domestication on structural polysaccharides and dietary fiber in nopalitos (*Opuntia* spp.). *Gen. Res. Crop Evol.* 59: 1015-1026.
- Martínez-Martínez, T.O., M.E. Ramírez-Guzmán, S. Anaya-Rosales, M.L. Arévalo-Galarza., G. Leyva-Ruelas. 2012. Estimación del nivel de calidad de dos sistemas de producción de nopal verdura (*Opuntia* sp.). *Agrociencia* 46: 567-578.

- McConn, M. M., P.A. Nakata. 2004. Oxalate reduces calcium availability in the pads of the prickly pear cactus through formation of calcium oxalate crystals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52: 1371 –1374.
- Méndez, G. S. de J.; L. A. Tarango A.; M. González G. 2004. Preliminary analysis of cochineal insects (*Dactylopius coccus* Costa) with high performance liquid chromatography (HPLC). In: G. Esparza F., R. D. Valdez C. & S. de J. Méndez G. (eds). *El nopal. Tópicos de actualidad*. Universidad Autónoma Chapingo-Colegio de Postgraduados. pp. 223-234.
- Meraz-Maldonado, N.; S. Valle-Guadarrama; J. Hernández-Morales; S. Anaya-Rosales; J. C. Rodríguez-Maciel; G. Leyva-Ruelas. 2012. Quality of three sizes of prickly pear cactus stems (*Opuntia ficus indica* L. 'Atlixco'). *African Journal of Agricultural Research* 7(32): 4512-4520.
- Mizrahi, Y.; A. Nerd; P.S. Nobel. 1997. Cacti as crops. *Hort. Rev.*18:291–320.
- Murillo-Amador, B., Troyo-Diéguez E., Nieto-Garibay A., Aguilar-García M. 2002. *El nopal: cultivo forrajero sostenible para el noroeste de México*. Edit. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México. 97 p.
- Nerd, A.; M. Dumotier; Y. Mizrahi. 1997. Properties and postharvest behavior of the vegetable cactus *Nopalea cochenillifera*. *Post. Biol. Technol.* 10: 135.
- Nobel, P. S. 1983. Nutrient levels in cacti—relation to nocturnal acid accumulation and growth. *Am. J. Bot.* 70: 1244-1253.
- Nobel, P. S. 1998. *Los incomparables agaves y cactus*. Ed. Trillas. México. 639 p.
- Nobel, P. S.; E. de la Barrera; D. W. Beilman; J. H. Doherty; B. R. Zutta. 2002. Temperature limitations for cultivation of edible cactus in California. *Madroño*. 49 (4): 228-236.

- Orona-Castillo, I. 2001. Corte y manejo post-cosecha de nopalito. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. CENID-RASPA. Desplegable No. 13. Gómez Palacios, Durango, México. 4 p.
- Osorio-Córdoba, J.; C. Pelayo-Zaldívar; J.R. Verde-Calvo; M. Ponce-Valadez; F. Díaz de León-Sánchez; E. Bosquez-Molina; Ma.E. Rodríguez-Huezo. 2011. Conservación de nopal verdura "Milpa Alta" (*Opuntia ficus indica* Mill.) desespinado en envases con atmósfera modificada. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 10: 93-104
- Palace, V.P.; N. Khaper; Q. Qin; P. Singal. 1999. Antioxidant potentials of vitamin A and carotenoids and their relevance. *Free Radical Biol. Med* 26: 726–761.
- Peña-Valdivia, C. B.; A. B. Sánchez-Urdaneta. 2004. Polisacáridos de nopalito y tuna. In: *Memorias del X Congreso Nacional y VIII Congreso Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal y otras Cactáceas de Valor Económico*. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 22-43.
- Peña-Valdivia, C.B.; A. B. Sánchez-Urdaneta. 2006. Nopalito and cactus pear (*Opuntia* spp.) polysaccharides: mucilage and pectin. *Acta Horticulturae* 728:241-247.
- Peña-Valdivia, C. B.; C. Trejo L.; V. B. Arroyo-Peña; A. Sánchez U.; R. Balois M. 2012. Diversity of unavailable polysaccharides and dietary fiber in domesticated nopalito and cactus pear fruit (*Opuntia* spp.). *Chemistry & Biodiversity* 9(8): 1599-1610.
- Pimienta, B. E. 1990. El nopal tunero. Universidad de Guadalajara. México. 246 p.
- Pimienta-Barrios, E. 1993. Vegetable cactus (*Opuntia*), in: Williams, J. T. (Ed.), *Pulses and Vegetables*, Chapman & Hall, London pp. 177 –191.

- Piñeiro, M.; L. B. Díaz R.; 2004. Mejoramiento de la calidad e inocuidad de las frutas y hortalizas frescas: un enfoque práctico. Manual para multiplicadores. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Plan Rector Sistema Producto Nopal. 2012. Distrito Federal. 40 p.
- PROMEXICO, 2007. Investigación de mercado del nopal comestible. Fresco, en salmuera y deshidratado. Consejería Comercial en Japón.
- Razo, M. Y.; M. Sánchez H. 2002. Acidez de 10 variantes de nopalito (*Opuntia* spp.) y su efecto en las propiedades químicas y sensoriales. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México. 104 p.
- Reyes, A. J. A.; J. R. Aguirre R.; H. Hernández M. 2005. Systematic Notes and a Detailed Description of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae). *Agrociencia*. 39: 395-408.
- Retamal, N.; J. M. Durán; J. Fernández. 1987. Seasonal variations of chemical composition in prickly pear (*Opuntia ficus indica* (L.) Miller). *J. Sci. Food Agric*. 38: 303-311.
- Roberts, J.; D. Orden. 1999. A Framework for Analyzing Technical Trade Barriers in Agricultural Markets. Technical Bulletin, núm. 1876
- Rodríguez-Félix, A.; M. Cantwell, 1988. Developmental changes in composition and quality of prickly pear cactus cladodes (nopalitos). *Plant Food for Human Nutrition*. 38: 83-93.
- Rodríguez-Félix, A., H. Soto-Valdez. 1992. Quality changes of diced nopal during storage in polyethylene bags. pp. 22-25. In: Felker, P y Moss, J, eds. 3rd. Annual Texas Prickly Pear Council Convention Proceedings. Kingsville, Texas. USA.

- Rodríguez-Félix, A.; M.A. Villegas-Ochoa. 1997. Quality of cactus stems (*Opuntia ficus-indica*) during low-temperature storage. *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 2:142-152.
- Saézn, C. 2002. Cactus pear fruits and cladode: a source of functional components for foods. *Acta Horticulturae*. 581: 253-265
- Saézn, H. C. 2004. Compuestos funcionales y alimentos derivados de *Opuntia* spp. In: Esparza F. G., R. D. Váldez C., y G. Méndez S. (eds). *El Nopal. Tópicos de Actualidad*. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma de Chapingo. México. pp: 211-221.
- Saézn, C.; E. Sepúlveda; B. Matsuhiro. 2004. *Opuntia* spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. *Journal of Arid Enviroments* 57: 25-290
- Saenz, C. 2006. *Opuntia* spp. Bioactive Compounds in Foods: a Plus for Health. *Acta Horticulturae* 728:231-240.
- Sáenz, C. 2006. Características y composición química de los nopales. pp. 7-22. In: C. Rosell ed. *Utilización agroindustrial del nopal*. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 162. Roma.
- Sloan, E. 2000. The top ten functional food. *Food Tech*. 54(4): 33-62.
- Sudzuki, F. H. 1995. Anatomy and morphology. En: G. Barbera; P. Inglese y E. Pimienta-Barrios (eds.) *Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear*. FAO., *Plant Production and Protection Paper*, 132: 28-35.
- SIAP-SAGARPA, 2005. Análisis comparativo de indicadores del sector agroalimentario de México y otros países 2005.
- SIAP-SAGARPA, 2005. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. 2005.

- Sistema de Información Agroalimentaria y de Consulta (SIACON). 2009.
<http://www.siap.gob.mx>
- Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM). 2011.
<http://www.economia-sniim.gob.mx>
- Schmalko, M.E.; P.G. Scipioni; D.J. Ferreyra. 2005. Effect of water activity and temperature in color and chlorophylls changes in yerba mate leaves. *International Journal of Food Properties*. 8: 313–322.
- Sloan, E. 2000. The top ten functional food. *Food Tech*. 54(4): 33-62.
- Stintzing, F. C.; R. Carle. 2005. Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *Mol. Nutr. Food Res*. 49:175-194.
- Sudzuki, F. H. 1995. Anatomy and morphology. En: G. Bar-bera; P. Inglese y E. Pimienta-Barrios (eds.) *Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear*. FAO., Plant Production and Protection Paper, 132: 28-35.
- Taiz, L.; E. Zeiger. 2006. *Plant Physiology, Fourth Edition*. Sinauer Associates. Sunderland, MA. 764 p.
- Teles, F. F. F., F. M. Whiting; R. L. Price; W. H. Brown; B. L. Reid; T. N. Wegner; E. Renuncio. 1994. Prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) cactus as a source of vitamin A. *Rev. Ceres* 41: 396–406.
- Terrazas, T; J.D. Mauseth. 2002. Stem anatomy and morphology. En Nobel PS (Ed) *The cacti: biology and uses*. California University Press. EEUU. pp. 47-60.
- Trail, W. B. 1999. Prospects for the future: Nutritional, environmental and sustainable food production considerations – changes in cultural and consumer habits. FAO/WHO/WTO Conf. on Int. Food Trade beyond 2000. Melbourne, Australia, 11-15 Oct. 1999.

Toivonen, P.M.A.; D.A. Brummell. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 48:1-14.

Tovar P. T. 2008. El Cultivo del Nopal y su Utilización Integral: Una Alternativa de Producción Sustentable para las Zonas Rurales de México. VI Simposium taller producción y aprovechamiento del nopal en el noreste de México. *Revista salud pública y nutrición. Edición especial* 14.

Valdez-Cepeda, R. D.; F. Blanco-Macías; R. Vázquez-Alvarado; R. Magallanes-Quintanar. 2004. Producción y usos del nopal para verdura. *Revista salud pública y nutrición. VI Simposium taller producción y aprovechamiento del nopal en el noreste de México.* 19 p.

Valencia-Sandoval, K.; J. J. Brambila-Paz; J. S. Mora-Flores. 2010. Evaluación del nopal verdura como alimento funcional mediante opciones reales. *Agrociencia.* 44(8): 955-963.

3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y SANITARIAS DE LOS NOPALITOS PARA EXPORTACIÓN Y CONSUMO NACIONAL

3.1. Resumen

Los nopalitos (*Opuntia* spp.) para exportación son seleccionados por los productores mexicanos por su apariencia (color, tamaño y ausencia de deformaciones), pues existe una norma pero no precisa características químicas y sanitarias que los describa. Esto puede conducir a pérdidas de los productores cuando su producto es rechazado en los centros de acopio en el extranjero. El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad de los nopalitos para exportación y compararlos con los de consumo nacional. La hipótesis fue que la selección subjetiva de los nopalitos de las dos clases realizada por los productores está relacionada con características físicas y de la composición que permite clasificar formalmente los nopalitos para exportación y para consumo nacional. Se usó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial: los nopalitos para exportación y consumo nacional, dos grupos de productores de las localidades de Otumba y San Martín de las Pirámides, Estado de México y cinco huertas como tratamientos. Se seleccionaron al azar de cada grupo, 10 nopalitos o repeticiones por tratamiento. Se evaluó su calidad, representada por su peso fresco, longitud, anchura, grosor, firmeza, número de hojas y contenido de humedad, mucílagos, ácido málico, clorofila, carotenoides y presencia de plaguicidas. Los nopalitos de exportación tuvieron peso fresco, longitud, anchura, grosor apical, contenido de ácido málico y de clorofila menor ($P \leq 0.05$) que los de consumo nacional. La firmeza y el contenido de mucílagos y de ácido málico de los nopalitos difirieron entre los productores. Los nopalitos estuvieron libres de los 20 plaguicidas más comunes en las hortalizas. La calidad de los nopalitos para exportación es diferente a la de aquellos para consumo nacional; además del tamaño su composición puede usarse para diseñar una norma con estándares de calidad que ayuden a los productores a asegurar y aumentar el mercado internacional.

Palabras clave: calidad, cladodio, mucílago, acidez, clorofila, residuos químicos.

PHYSICAL, CHEMICAL AND SANITARY CHARACTERISTICS OF NOPALITOS TO EXPORT AND DOMESTIC CONSUMPTION

3.2. Abstract

The nopalitos (*Opuntia* spp.) for export are selected by Mexican producers by appearance (color, size and absence of deformation), there is a standard but not precise chemical and sanitary characteristics that describe. This can lead to losses to producers when their product is rejected at the collection centers abroad. The aim of this study was to evaluate the quality of export cactus leaves and compared with domestic consumption. The hypothesis was that the subjective selection of cactus of the two classes by producers is related to physical characteristics and composition that allows formally classifies the cactus for export and domestic consumption. An experimental design was completely factorial randomized with: the cactus for export and domestic consumption, two groups of producers and locations Otumba San Martin de las Piramides, State of Mexico and five orchards as treatments. They were randomly selected from each group 10 cactus leaves or replications. Quality, represented by its fresh weight, length, width, thickness, firmness, number of leaves and moisture, mucilage, malic acid, chlorophyll, carotenoids and presence of pesticides was evaluated. The cactus leaves had export fresh weight, length, width, thickness apical, malic acid content and lower chlorophyll ($P \leq 0.05$) than domestic consumption. The firmness and content of mucilage and malic acid differed between the producers. The cactus leaves were free of the 20 most common pesticides in vegetables. The quality of export cactus leaves is different from those for domestic consumption; besides the size, composition can be used to design quality standards that help producers to secure and increase the international market.

Keywords: quality, cladode, mucilage, acidity, chlorophyll, chemical residues.

3.3. Introducción

México es considerado uno de los centros de origen del nopal (*Opuntia* spp.). El consumo de sus tallos modificados (cladodios), frutos y flores en México es ancestral (Peña-Valdivia *et al.*, 2012). Los cladodios tiernos o nopalitos se consumen como hortaliza fresca y su producción se ha incrementado en los últimos años (SAGARPA, 2013).

Debido a su metabolismo ácido de las Crasuláceas (MAC), su tolerancia al déficit de humedad edáfica y climas semidesértico y desértico las plantas de nopal son un recurso con gran potencial para el desarrollo de plantaciones. El mercado mexicano es el consumidor más importante de nopalito fresco y procesado. Sin embargo, el mercado extranjero ha ido incrementando en años recientes; principalmente el de E.E.U.U. y Canadá, donde la población mexicana está aumentando y representa un mercado amplio. Además, las características nutracéuticas de los nopalitos han despertado recientemente el interés de otros mercados, en países europeos y asiáticos (Peña-Valdivia *et al.*, 2012).

En relación con lo anterior, se ha demostrado que los nopalitos son benéficos como auxiliares en tratamientos de diversos padecimientos (Stintzing y Carle, 2005), son fuente de vitamina C (Betancourt-Domínguez *et al.*, 2006), minerales (Rodríguez-Félix y Cantwell, 1988) y fibra soluble e insoluble (Peña-Valdivia *et al.*, 2012).

La calidad de los nopalitos incluye características físicas y químicas, pero algunas de ellas pueden calificarse como subjetivas, pues incluyen su apariencia (frescos, turgentes y color verde brillante), su tamaño (delgados, chicos o medianos) y su forma (de raqueta) (Rodríguez-Félix y Cantwell, 1988). Además, como parte de la calidad también pueden incluirse su contenido de mucílagos y su acidez (López-Palacios *et al.*, 2010).

La calidad de los productos hortofrutícolas es relevante para su aceptabilidad y éxito en la comercialización en los mercados nacionales e internacionales y en años recientes su importancia se ha resaltado debido al auge de la producción de

alimentos inocuos (Avendaño, 2007). En relación con los nopalitos la norma mexicana para el nopal verdura NMX-FF-068-SCFI-2006 incluye la clasificación del nopal por grado de calidad (México extra, México 1, México 2), tamaño (A: 25.1 o más, B: 18.1 a 25, C: 11.1 a 18, y Cambray: 7 a 11 cm) y variedad; también indica que estos deben ser frescos, estar limpios, sanos, enteros y bien formados; su sabor y olor deben ser característicos de la especie y variedad; su consistencia firme; deben estar exentos de humedad exterior anormal; libres de pudrición y presentar coloración característica de la variedad.

La norma del Codex para el nopal (Codex Stan 185-1993), en sus disposiciones relativas a la calidad requiere que los nopales estén exentos de espinas, de manchas, de daños causados por plagas y bajas temperaturas, de olor y sabor extraños y estar suficientemente desarrollados, además presentar un grado de madurez satisfactorio según la naturaleza del producto.

Ambas normas difieren en las categorías de clasificación y en los tamaños seleccionados, así como en las tolerancias de calidad y en las disposiciones sobre la presentación (Cuadro 3.1). Ninguna de ellas hace referencia a las características específicas que deben presentar los nopalitos para exportación. Al respecto sólo puede verse un apartado en la norma del Codex que indica: “los gobiernos, al indicar su aceptación de la Norma del Codex el Nopal, deberán notificar a la Comisión cuáles disposiciones de la Norma serán aceptadas para aplicarlas en el punto de importación y cuáles para aplicarlas en el punto de exportación”.

Cuadro 3.1. Requerimientos de calidad para nopalito establecidos por la Norma mexicana para el nopal verdura y la Norma del Codex del Nopal.

Características para clasificación	Norma mexicana para el nopal verdura	Norma del Codex del Nopal
Calidad	En función de sus especificaciones	En función de sus defectos
	<ul style="list-style-type: none"> - México Extra - México 1 - México 2 	<ul style="list-style-type: none"> - Categoría Extra - Categoría I - Categoría II
Tamaño/calibre (cm)	<ul style="list-style-type: none"> - A (25.1 o más) - B (18.1 a 25) - C (11.1 a 18) - Cambray (7 a 11) 	<ul style="list-style-type: none"> - A (9 – 13) - B (13 – 17) - C (17 – 21) - D (21 – 25) - E (25 – 30)
Tolerancias de calidad	<ul style="list-style-type: none"> - Por tamaño - México Extra: 10 % - México 1: 15 % - México 2: 20 % - Por defectos en el grado de calidad y por número de piezas 	<ul style="list-style-type: none"> - De calidad y calibre - Categoría Extra: 5 % - Categoría I: 10 % - Categoría II: 10 %
Disposiciones sobre la presentación	<ul style="list-style-type: none"> - Marcado y etiquetado - Envase y embalaje 	<ul style="list-style-type: none"> - Homogeneidad - Envasado, marcado o etiquetado - Identificación - Naturaleza y origen del producto - Higiene y residuos de plaguicidas

Cuando el destino de los nopalitos es la exportación, los productores los seleccionan por su apariencia (color, tamaño y ausencia de deformaciones), debido a la ausencia de normas en las que puedan basarse. Por esto los productores-exportadores de nopalito tienen pérdidas ocasionales, cuando el producto en la frontera es rechazado (Comunicación personal con los productores de las cooperativas PRONACUA y

Grupo Agrícola Ixquiltán San Martín de las Pirámides de San Pablo Ixquiltán y San Martín de las Pirámides, Estado de México).

El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad de los nopalitos para exportación y para consumo nacional e identificar las características susceptibles para incluir en una norma de calidad de este producto. La hipótesis fue que la selección subjetiva de los nopalitos de exportación realizada por los productores está relacionada con características físicas y probablemente esta clasificación indirectamente clasifica también la composición química. Esto confirmaría que los productores están aplicando una clasificación de calidad visual aceptable.

3.4. Materiales y métodos

3.4.1. Material vegetal

Los nopalitos evaluados fueron del cv. Atlixco, producidos en Cuautlacingo, Otumba (19°41'49" latitud norte y 98°45'17" longitud oeste y 2365 m sobre el nivel del mar, clima templado, subhúmedo con temperatura media anual de 14.8 °C) y San Pablo Ixquiltán, San Martín de las Pirámides (19°46'20" latitud norte y 98°38'48" longitud oeste, 2300 m sobre el nivel del mar, clima templado con temperatura media anual de 17 °C), Estado de México. Los nopalitos fueron cosechados con un solo corte en la base con cuchillo, entre las 9 y 10 de la mañana.

Se muestrearon nopalitos de 10 huertas, de dos grupos de productores; de cada grupo fueron seleccionados cinco huertos, o productores. De cada huerto se muestrearon 20 nopalitos de las dos clases (exportación y consumo nacional), de plantas diferentes, 10 con características de calidad para exportación (tratamiento 1) y 10 con características para consumo nacional (tratamiento 2). Las muestras fueron seleccionadas por los productores.

En total, se analizaron 200 muestras, 100 de cada grupo de productores y de ellas 50 de cada tratamiento.

Las muestras se transportaron en cajas de cartón al laboratorio de Biofísica y Fisiología del Postgrado en Botánica del Colegio de Postgraduados, para su evaluación inmediata.

3.4.2. Diseño experimental

El diseño experimental fue completamente al azar, con arreglo factorial 2x2x5, dos clases de nopalitas por huerta (consumo nacional, tratamiento 1, y para exportación, tratamiento 2), dos grupos de productores (Grupo PRONACUA y Grupo Agrícola Ixquiltlán) y cinco huertas por grupo, con 10 repeticiones (cada una representada por un nopalito). Con los datos se realizó un ANDEVA y las medias se compararon múltiple con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS (versión 9.3).

Dos grupos de productores de nopalito (Grupo PRONACUA y Grupo Agrícola Ixquiltlán) accedieron a participar en el estudio. Cada grupo consta de ocho y siete huertas respectivamente; al azar se seleccionaron de cada grupo cinco huertas y de cada huerta se muestrearon al azar 20 nopalitas, de plantas diferentes, también seleccionadas al azar, 10 con características de calidad para exportación (tratamiento 1) y 10 con características para consumo nacional (tratamiento 2). Así, se muestrearon y analizaron un total de 200 nopalitas de 10 huertas.

3.4.3. Época de cosechas

Los muestreos se realizaron en fechas diferentes con la finalidad de incluir la variabilidad mayor de los nopalitas producidos y cosechados durante el año (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Fechas, sitios y grupos de productores de nopalitos muestreados.

Fecha	Sitio	Grupo productor
Noviembre 25 de 2011	Cuautlacingo, Otumba	PRONACUA
	San Pablo Ixquiltán, San Martín de las Pirámides	PRONACUA
Marzo 29 de 2012	San Miguel Huyapan, Axapusco	PRONACUA
Mayo 11 de 2012	San Martín de las Pirámides	PRONACUA
	San Pablo Ixquiltán, San Martín de las Pirámides	Grupo Agrícola Ixquiltán
Julio 6 de 2012	San Pablo Ixquiltán, San Martín de las Pirámides	Grupo Agrícola Ixquiltán

3.4.4. Variables evaluadas

3.4.4.1. Propiedades físicas

Las características físicas se evaluaron inmediatamente después de la llegada de las muestras al laboratorio.

a) Peso fresco

Los nopalitos se pesaron enteros e individualmente en una balanza con pantalla digital (± 0.01 g; Precisa XB2200C) y el peso fresco se presenta en gramos de tejido.

b) Dimensiones

La longitud se midió de la base al ápice y la anchura se midió entre los extremos de la zona central más ancha del cladodio, ambas con una regla flexible de 30 cm (± 1 mm). El grosor se midió en la base y ápice izquierdos y derechos con un vernier digital (± 0.001 mm; Mitutuyo) (Figura 3.1).

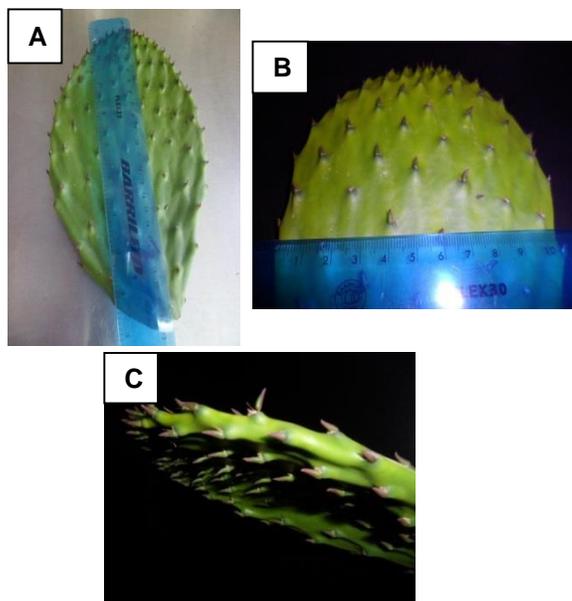


Figura 3.1. Zonas de registro de dimensiones: longitud (A), anchura (B) y, grosor (C).

c) Resistencia a la penetración (firmeza)

La resistencia a la penetración o firmeza (N) se midió con un penetrómetro manual (FT 327, QA Supplies LLC) en los nopalitos intactos, con espinas y hojas. Para realizar las mediciones el puntal del penetrómetro se ubicó en la zona central del nopalito en las áreas libres de espinas y hojas.

d) Número de hojas

Las hojas se contabilizaron manualmente en la cara frontal y la sección lateral derecha, con ese valor se calculó el número total de hojas por nopalito.

3.4.4.2. Composición química

Las espinas y hojas se removieron con un cuchillo y se evaluó la composición química parcial en muestras de la zona central de los nopalitos.

a) Contenido de humedad

Muestras de 1 g se envolvieron en papel aluminio y se congelaron por inmersión en nitrógeno líquido. Después se liofilizaron (-41°C y 1.8×10^{-2} mbar, LABCONCO, Freeze Dry System 7LyphLock 4.5, Labconco Corporation), hasta que su peso fue constante, aproximadamente durante 72 horas. Las muestras deshidratadas se pesaron en una balanza analítica (Scientech SA 120, precisión de 0.0001 g) y se calculó el contenido de humedad por la diferencia de peso.

b) Mucilago

El mucílago fue cuantificado con la metodología descrita por Peña-Valdivia y Sánchez-Urdaneta (2006). Muestras de 10 g (materia fresca), se envolvieron en papel aluminio, se congelaron en nitrógeno líquido, se trituraron en un mortero, se colocaron en vasos de precipitados con 50 mL de agua destilada, en baño María en ebullición durante 15 minutos; luego se centrifugaron (Centrifuge S702, Eppendorf) a 2500 g durante 5 min. El líquido sobrenadante se transfirió a recipientes de material plástico y el residuo sólido fue sometido dos veces más al mismo tratamiento, pero con 25 mL de agua. Los sobrenadantes de las tres extracciones se reunieron y mezclaron con etanol absoluto, enfriado previamente en un congelador a -18°C , en proporción 3:1 (mL:mL) y se mantuvo en refrigeración (5°C) durante 24 h.

El mucílago que precipitó con el alcohol y el frío se separó por centrifugación, se transfirió a una membrana para diálisis (Membracel md44 14x100 CLR), se dializaron contra agua destilada, con cambios cada 2 h durante 4 d. Después el contenido de las membranas se liofilizó y cuantificó. El contenido de mucílago fue expresado como porcentaje del tejido deshidratado.

c) Contenido de ácido málico

La acidez titulable se evaluó con la metodología descrita por la AOAC (Asociación Oficial de Química Analítica; AOAC, 1990) y se expresó como contenido de ácido málico. Muestras de 1 g, extraídas de los nopalitos con un sacabocado de 1 cm de

diámetro, congeladas con nitrógeno líquido se trituraron en un mortero con 5 mL de agua destilada, se centrifugaron a 1900 g durante 5 min. Una alícuota de 1 mL del sobrenadante se tituló con NaOH 0.01 N y fenolftaleína (2.5 %) como indicador. El porcentaje de ácido málico presente se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{Ácido málico (\%)} = \frac{(\text{Gasto NaOH})(\text{Concentración NaOH})(0.064)(\text{Vol. Total})(100)}{(\text{Peso de la muestra})(\text{Vol. Alícuota})}$$

Dónde: 0.064 es un factor de conversión a ácido málico (peso miliequivalente del ácido málico) ácido orgánico predominante en los tejidos de las plantas MAC.

d) Clorofila y carotenoides

El contenido de pigmentos fotosintéticos fue evaluado por método espectrofotométrico en 0.5 g de tejido fresco. El tejido se colocó en frascos de vidrio con 3 mL de dimetilformamida ($\text{HCON}(\text{CH}_3)_2$) y se mantuvieron en oscuridad y refrigeración durante 5 d. La concentración de clorofila y carotenoides se midió con un espectrofotómetro (Spectronic 21D, Milton Roy), con cuatro longitudes de onda (450, 647, 664.5 y 750 nm) y las concentraciones (mg L^{-1}) se calcularon con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Clorofila } a = (12.7 \times A_{664.5}) - (2.79 \times A_{647})$$

$$\text{Clorofila } b = (20.7 \times A_{647}) - (4.612 \times A_{664.5})$$

$$\text{Clorofila total} = (17.90 \times A_{647}) + (8.08 \times A_{664.5})$$

$$\text{Carotenoides} = 0.25 \times (A_{450} - A_{750})$$

$$\text{Concentración} = \text{Carotenoides} \times V$$

Donde V= volumen de extracción

3.4.5. Detección de residuos químicos

La presencia o ausencia de plaguicidas y su concentración en el tejido fue determinada mediante extracción en fase sólida dispersiva QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, y Safe) y por cromatografía de gases/masas/masas, con el equipo Ion Trap Mass Spectrometer (Agilent 225/MS, 240/MS GC, Agilent Technologies, Alemania) en “Agrolab”, Análisis Técnicos S.A. de C.V., Pachuca, Hidalgo.

3.5. Resultados y discusión

3.5.1. Características físicas

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas en la anchura, longitud, peso fresco, firmeza y número total de hojas de los nopalitos de los grupos de productores, las huertas o las clases; y la interacción entre los grupos y la clase fue significativa únicamente para el número de hojas (Cuadro 3.3).

Cuadro 3.3. Análisis de varianza de las características físicas de los nopalitos para consumo nacional y exportación.

Factor	Peso fresco (g)	Longitud (cm)	Anchura (cm)	Grosor (cm)		Hojas (Núm.)	Firmeza (N)
				Apical	Basal		
Grupo	NS	NS	NS	<0.0001	NS	<0.0001	<0.0001
Huerta	NS	<0.0001	NS	<0.0001	0.0006	<0.0001	<0.0001
Clase	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0002	<0.0001	0.0500
G*C	NS	NS	NS	NS	NS	0.0400	NS

G*C= grupo*clase

NS= no significativo

Todas las características evaluadas fueron estadísticamente diferentes entre las clases (Cuadro 3.4).

Cuadro 3.4. Comparación de medias de las características físicas de los nopalitos para exportación y consumo nacional, producidos en el Estado de México.

Variable	Media	Clase	N
Peso fresco (g)	163.04	Nacional ^a	98
	125.35	Exportación ^b	100
Longitud (cm)	23.86	Nacional ^a	98
	21.66	Exportación ^b	100
Anchura (cm)	12.36	Nacional ^a	98
	11.44	Exportación ^b	100
Grosor basal (mm)	13.49	Nacional ^a	98
	12.73	Exportación ^b	100
Grosor apical (mm)	5.30	Nacional ^a	98
	4.50	Exportación ^b	100
Hojas (Núm.)	95.14	Nacional ^b	98
	130.40	Exportación ^a	100
Firmeza (N)	36.03	Nacional ^a	98
	34.86	Exportación ^a	100

N= Número de muestras empleadas en cada variable

Medias para cada variable con diferente letra no son similares ($P < 0.05$).

a) Peso fresco

El peso fresco fue diferente ($P \leq 0.05$) entre los nopalitos para el mercado nacional (163 g) y el exterior (125 g) y fue similar entre los nopalitos de los dos grupos de productores (Figura 4.2). El peso fresco de ambas clases fue mayor a la indicada por Aguilar-Sánchez *et al.* (2007) quienes cuantificaron 100 g en nopalitos de aproximadamente 20 cm de longitud del cv. Atlixco.

En ninguna norma oficial se especifica el peso fresco que deben tener los nopalitos como un parámetro de calidad, para ser comercializados. Sin embargo las dimensiones del nopalito están correlacionadas con el peso fresco. En relación con esta variable, Rodríguez-Félix (1999) señala que el tamaño comercial de los nopalitos es de 100 a 120 g.

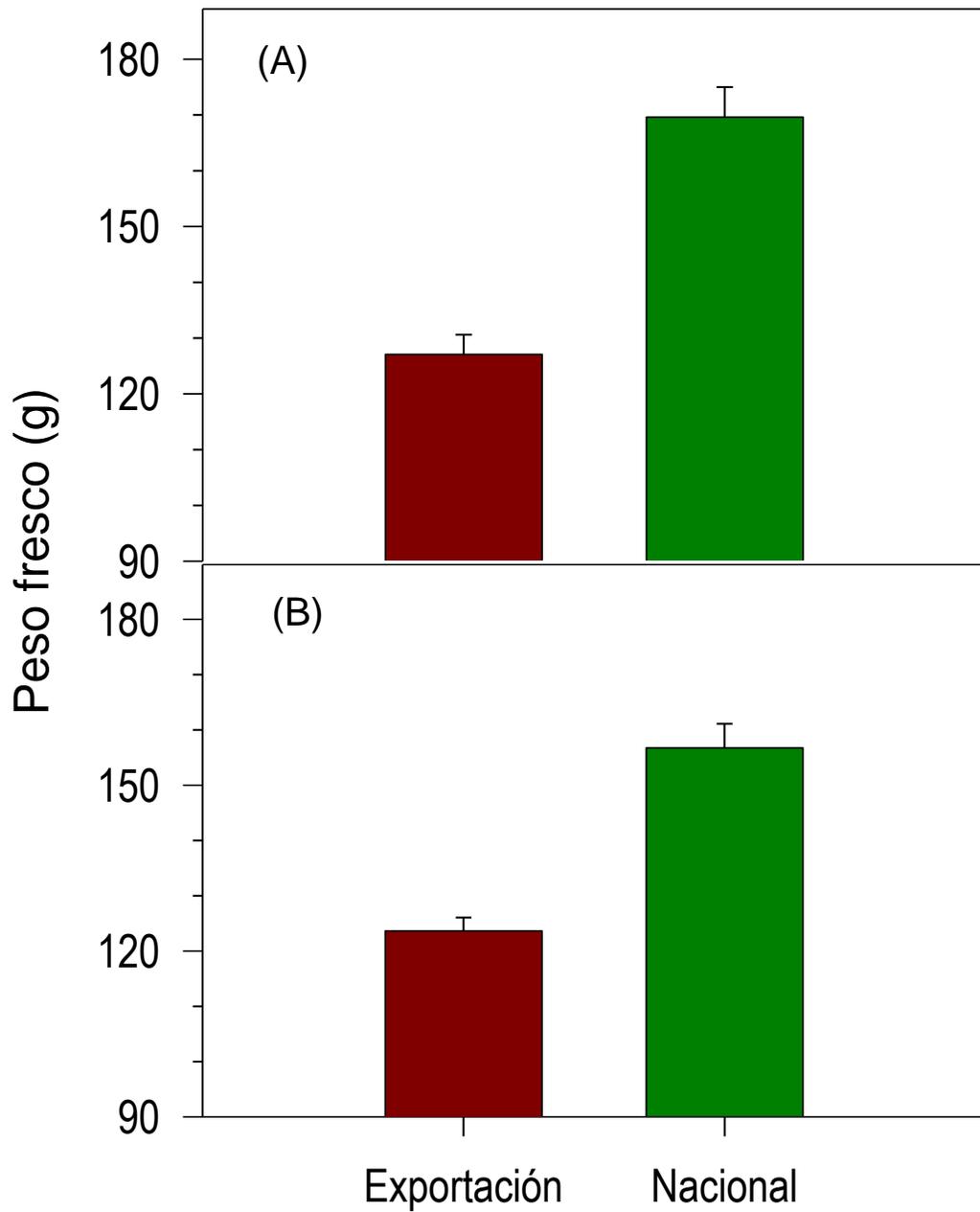


Figura 3.2. Peso fresco de los nopalitos para exportación y para el mercado nacional, cultivados por los grupos de productores (A) PRONACUA y (B) Grupo Agrícola Ixquiltán, Estado de México.

b) Longitud y anchura

La longitud y anchura no fue diferente entre los nopalitos de los grupos de productores; sin embargo, la longitud sí difirió ($P \leq 0.0001$) entre las huertas (Cuadro 3.3) y ambas variables fueron significativamente diferentes entre las clases (Figuras 3.3 y 3.4). Los nopalitos para exportación fueron menos largos y anchos que los destinados al consumo nacional (Cuadro 3.4).

El tamaño, además de la apariencia, es el carácter principal en el que los productores basan la selección de los nopalitos para exportación. Sin medir los nopalitos, los productores los cosechan con longitud aproximada de 20 cm. La cosecha de los nopalitos para el mercado nacional se realiza cuando han alcanzado tamaño mayor. Esto se debe a que los contenedores en los que se empaquetan los nopalitos se llenan con menos unidades.

La selección de cada clase la realizan los productores a simple vista y esta fue muy homogénea ya que el tamaño de los nopalitos no fue diferente ($P > 0.05$) entre los grupos de productores (Cuadro 3.3). Los resultados de la longitud y anchura son parcialmente similares a los obtenidos por Aguilar-Sánchez *et al.* (2007) en nopalitos de 30 días de edad, con aproximadamente 20 cm de longitud. Entre las variedades evaluadas por estos autores está 'Atlixco', con longitud media de 19.60 cm y anchura de 11.09 cm.

Según la clasificación por calibre del CODEX STAN-185 para nopal, los nopalitos evaluados corresponden al tipo C (17 a 21 cm) en el caso de los clasificados para exportación y al D (21 a 25 cm) para los de consumo nacional (Codex Alimentarius FAO, 2007). Sin embargo, con base en la Norma Mexicana NMX-FF-068-SCFI-2006 para el nopal verdura (*Opuntia* spp.), que incluye cuatro clases de tamaño, *i.e.* A, B, C y Cambray, los nopalitos para exportación y para consumo nacional son del tipo B, pues su longitud está entre los límites de esta clase 18.1 a 25 cm. La anchura solo fue diferente ($P > 0.05$) entre las clases, los nopalitos de exportación fueron menos anchos que los de consumo nacional (Cuadro 3.4), lo que se relaciona con la longitud menor que también presentaron los de exportación.

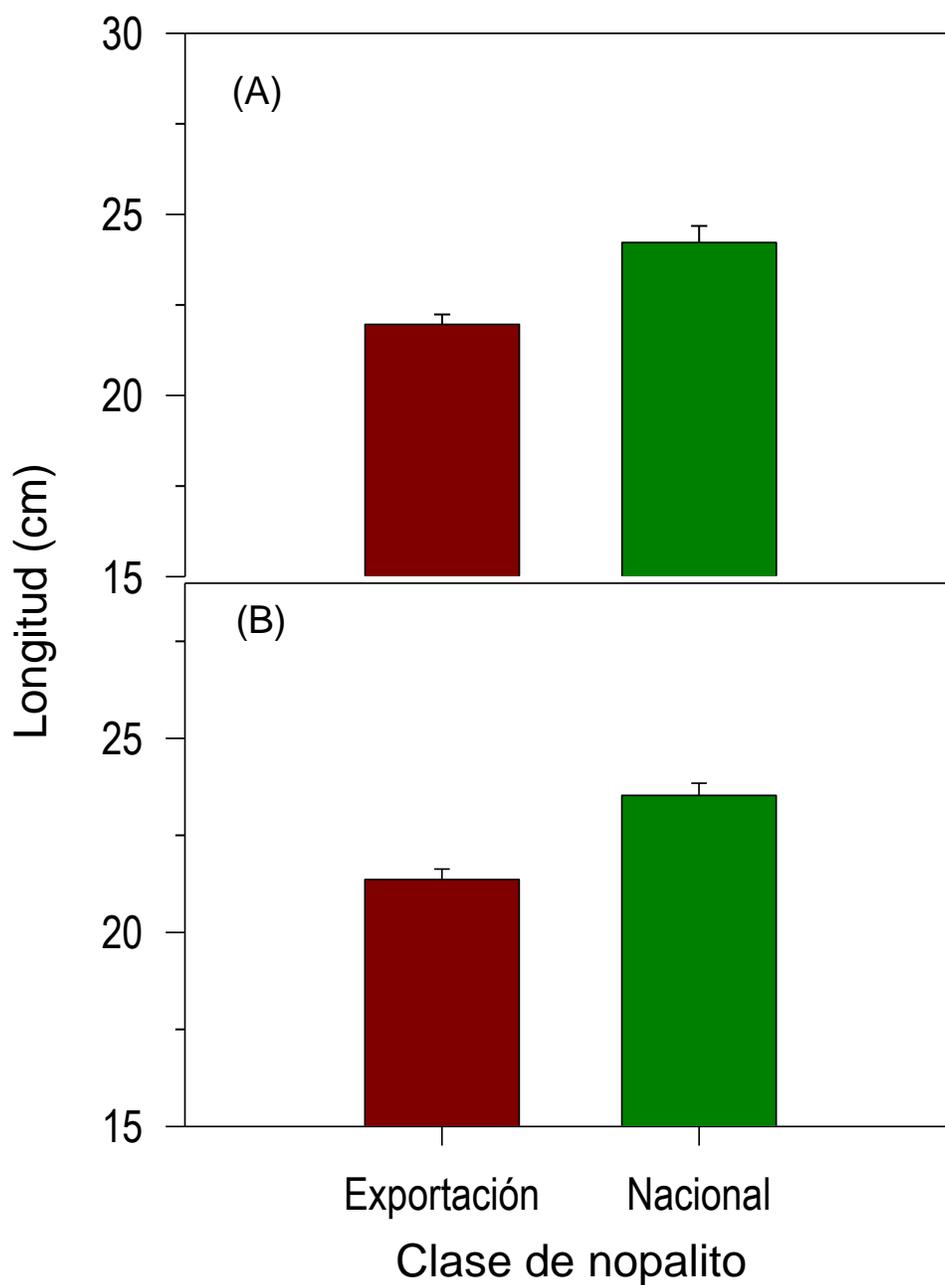


Figura 3.3. Longitud de los nopalitos para exportación y para el mercado nacional, cultivados por los grupos de productores (A) PRONACUA y (B) Grupo Agrícola Ixquitlán, Estado de México.

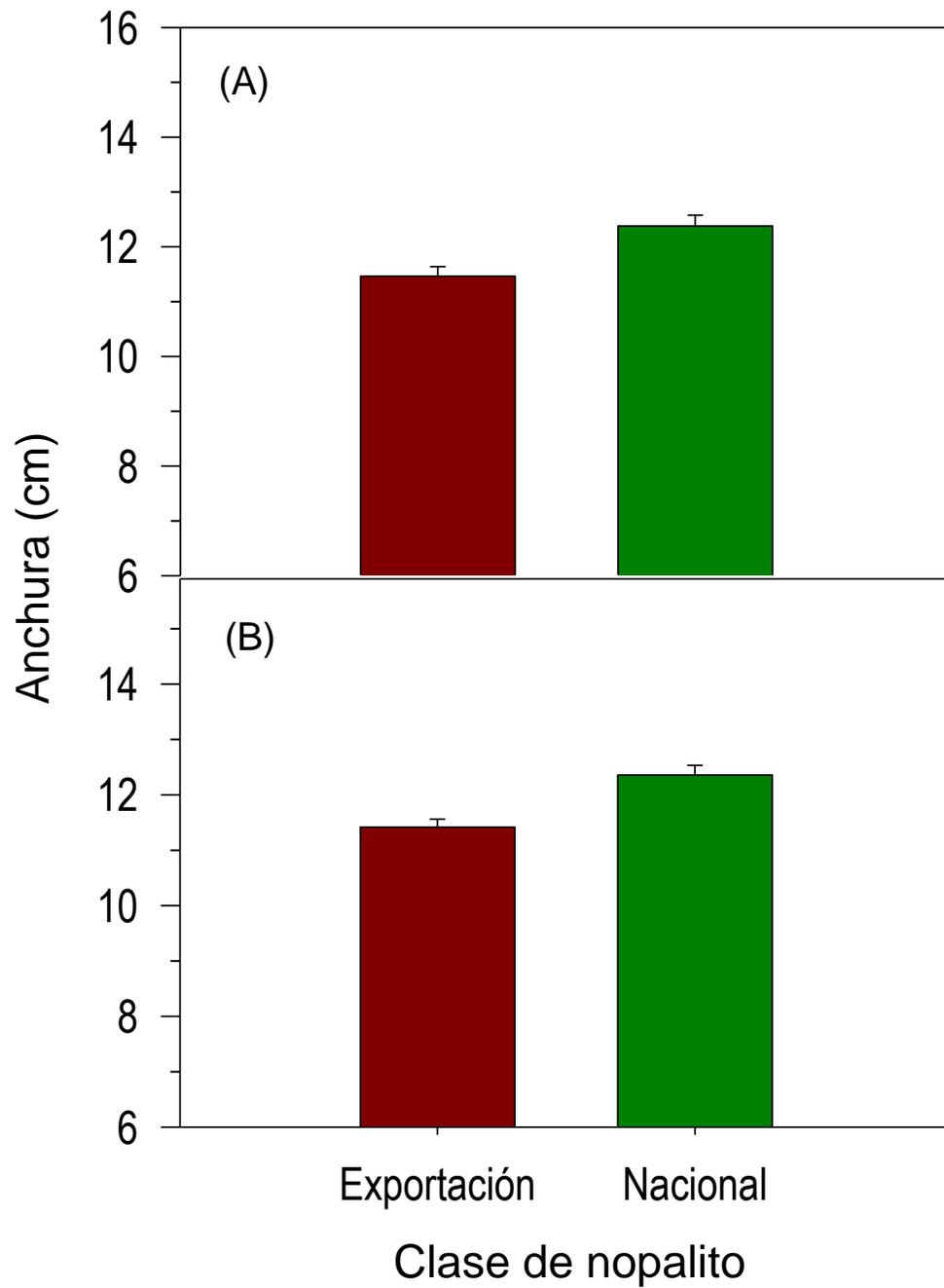


Figura 3.4. Anchura de los nopalitos para exportación y para el mercado nacional, cultivados por los grupos de productores (A) PRONACUA y (B) Grupo Agrícola Ixquitélán, Estado de México.

c) Grosor

Además de la longitud y anchura, otras dimensiones que definen el tamaño de los nopalitos son el grosor apical y el basal. El grosor en ambas zonas de los nopalitos fue significativamente diferente entre los grupos, las huertas y las clases, salvo una excepción (Cuadro 3.3).

Aunque el grosor basal no presentó diferencias entre grupos de productores, si fue estadísticamente diferente entre las huertas, mientras que el grosor apical fue diferente en ambas categorías (Cuadro 3.3).

La diferencia del grosor entre las clases fue mayor en el ápice de los nopalitos para consumo nacional (Figura 3.5). Esta diferencia, junto con la de la longitud y la anchura, indica que los nopalitos destinados a la exportación son los menores.

De acuerdo con Rodríguez-Félix y Cantwell (1988) y Seymour y Gross (1996) el crecimiento de los cladodios está asociado con los incrementos del grosor pues las células alcanzan un desarrollo completo.

Lo anterior se debe a que el crecimiento de las plantas está determinado por la actividad de células meristemáticas que se encuentran en el ápice de los tallos y las raíces (Raven *et al.*, 1992); en los nopalitos aunque son tallos modificados no son excepción, el crecimiento ocurre cuando se forman nuevas células y tejidos mediante división celular en los meristemas apicales y en los meristemas laterales (García y Peña, 1995).

En contraste con las especificaciones de longitud en la Norma Oficial Mexicana NMX-FF-068-SCFI-2006, para clasificar los nopalitos en una categoría o clase, el grosor no está especificado, aunque podría ser indicador del tamaño y desarrollo de los nopalitos.

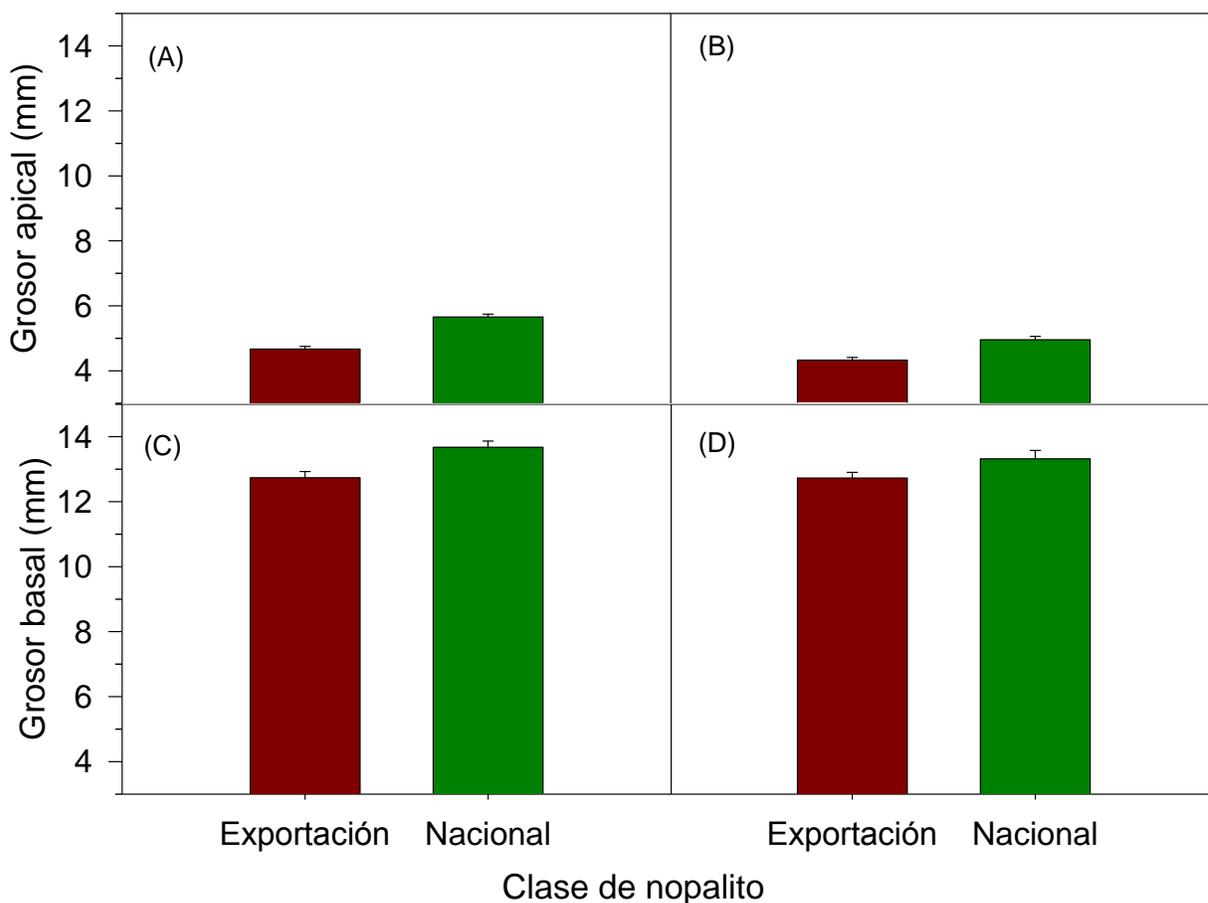


Figura 3.5. Grosor del área apical (A y B) y basal (C y D) de los nopalitos para exportación y para el mercado nacional, cultivados por los grupos de productores (A y C) PRONACUA y (B y D) Grupo Agrícola Ixquiltán, Estado de México.

d) Firmeza

La firmeza o resistencia de los nopalitos al corte varió significativamente entre los grupos y las huertas, aunque no entre las clases (Cuadro 3.3). La firmeza fue menor en los nopalitos del Grupo Agrícola Ixquiltán y, solo este grupo presentó diferencias entre las clases (Figura 3.6), aquí la firmeza menor la mostraron los nopalitos para exportación. Esto puede ser un indicio de que la firmeza es una de las características de los nopalitos notablemente susceptible al ambiente de cultivo. Al respecto entre los factores del tejido que modifican la firmeza están la presencia de cutícula, su

espesor y composición, y las características físicas y químicas de las paredes celulares (Hamann, 2012).

Las características individuales de la textura de un producto hortofrutícola generalmente son definidas por los términos duro, suave, crujiente, jugoso o harinoso de acuerdo al producto en cuestión (Harker *et al.*, 1997). La textura, las características visuales como el color son las variables que tienen influencia mayor en la aceptación de los productos por el consumidor (Toivonen y Brummell, 2008; Calvo-Arriaga *et al.*, 2010). Por lo que la habilidad para medir la textura de un tejido es de gran importancia en los análisis de calidad de frutos y verduras (Harker *et al.*, 1997). En términos sensoriales de aceptabilidad de un producto, se asocia la firmeza de un tejido con la 'masticabilidad' que hace referencia al número de veces que el alimento debe masticarse para ser tragado (Calvo-Arriaga *et al.*, 2010) y de acuerdo con Ruiz Pérez-Cacho *et al.* (2006) los nopalitos del cultivar Atlixco presentan intensidad baja de masticabilidad comparado con otros cultivares.

La firmeza está determinada principalmente por la anatomía física del tejido, específicamente por el grosor de la cutícula, el tamaño de las células, la resistencia y espesor de la pared celular, la adhesión de célula a célula y la turgencia. Sin embargo, todo lo anterior está determinado por factores genéticos y su interacción con el ambiente, por lo que hay características particulares que definen a cada especie (Toivonen y Brummell, 2008).

Los cambios de la firmeza durante el crecimiento y desarrollo de los tejidos vegetales, y en la postcosecha, están asociados con cambios en la lámina media y en la estructura de la pared celular (Seymour y Gross, 1996); debido a que los nopalitos son ricos en los polisacáridos de la lámina media y, en general, de la pared celular (López-Palacios *et al.*, 2013; Peña-Valdivia *et al.*, 2013), las diferencias de la textura entre los nopalitos de los grupos de productores, las huertas y las clases son explicadas parcialmente con las diferencias de la fecha de recolecta, es decir el efecto del ambiente diferente durante el desarrollo de los nopalitos entre los muestreos y localidades.

La firmeza de los cladodios también puede estar relacionada con su anatomía (Betancourt-Domínguez *et al.*, 2006), el cultivar (Rodríguez-Félix y Villegas, 1997; Betancourt-Domínguez *et al.*, 2006; López-Palacios *et al.*, 2010), el tamaño del cladodio (López-Palacios *et al.*, 2010) y el tiempo de postcosecha (Rodríguez-Félix y Villegas, 1997). Datos reportados por Betancourt-Domínguez *et al.* (2006) indican que la firmeza de los cladodios varía en función del tamaño y el cultivar, los valores presentados tendieron a ser altos en cladodios de tamaño pequeño (14 cm), disminuyeron en los de tamaño mediano (17 cm) e incrementaron en los de tamaño grande (22 cm), resultados similares a los del presente estudio (Figura 3.6), ya que son comparables únicamente con los reportados para el tamaño mediano del cultivar 'Verde Valtierra' (37 N).

La ausencia de relación directa entre el tamaño del nopalito y su firmeza puede indicar que la diferencia de longitud, o crecimiento, entre los nopalitos para exportación y para consumo nacional es insuficiente para diferenciar la firmeza y tendría que ser mayor para demostrar el efecto de la edad en la firmeza. Al respecto López-Palacios *et al.* (2010) observaron incremento de la resistencia al corte de nopalitos junto con el incremento de la longitud, entre 20 y 31 cm, y fue atribuido al aumento en el contenido de lignina y celulosa (García y Peña, 1995).

El hecho de que las diferencias de la firmeza entre los nopalitos de exportación y nacionales no fueran significativas, aunque las de los tamaños de los nopalitos si lo fueron (Cuadro 3.3) es evidencia de que estos, en estados tempranos de desarrollo independientemente del tamaño, requieren alcanzar una edad mayor para que la terneza disminuya.

Los nopalitos evaluados en este estudio parecieron tener resistencia menor a la penetración que los cultivares Copena F1 (de 15 a 23 N) y en Copena V1 (de 11 a 31 N) en un periodo de almacenamiento de 28 días (Rodríguez-Félix y Villegas, 1997). En contraste, la firmeza de los nopalitos de este estudio parece superior a la reportada por Meraz-Maldonado *et al.* (2012) y Aguilar-Sánchez *et al.* (2007) en los nopalitos del cv. Atlixco (7.27 N y 11.92 N). Las diferencias entre los resultados

pueden atribuirse a la zona del nopalito evaluada (base, centro o ápice), a la época de crecimiento y al ambiente.

La disponibilidad de humedad para la planta como parte de los factores fluctuantes en el ambiente de crecimiento, puede modificar la resistencia a la penetración (Gibson y Nobel, 1986). Esto puede ayudar a explicar las diferencias que se detectaron en la firmeza de los nopalitos únicamente entre las huertas del Grupo Agrícola Ixquidlán, pues los muestreos en las huertas de este grupo de productores, se realizaron durante mayo y julio (Cuadro 3.2) temporada en la que la precipitación pluvial fue mayor a la que se presenta en noviembre y marzo, época en la cual se realizaron los muestreos del grupo PRONACUA.

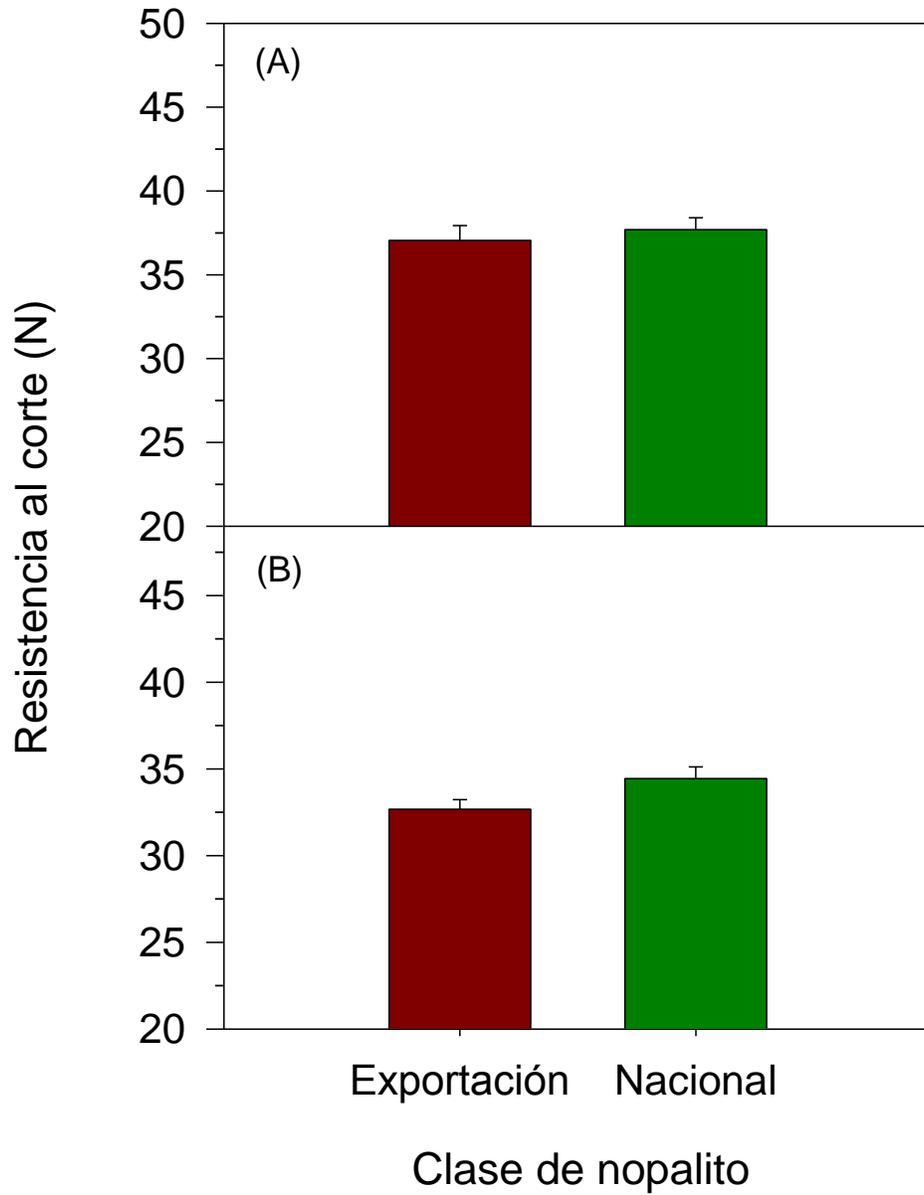


Figura 3.6. Resistencia al corte de los nopalitos para exportación y para el mercado nacional, cultivados por los grupos de productores (A) PRONACUA y (B) Grupo Agrícola Ixquitlán, Estado de México.

e) Número de hojas

Diferencias altamente significativas se detectaron en el número de hojas entre los grupos, las huertas y las clases; además la interacción entre grupo y clase fue significativa para esta variable (Cuadro 3.3).

Fue evidente que el cv. Atlixco presentó gran cantidad de hojas, mismas que se van desprendiendo conforme el cladodio es mayor. El número de hojas en los nopalitos para exportación fue significativamente mayor que en aquellos que se destinan al mercado nacional (Figura 3.7).

Las hojas en los cladodios son estructuras pequeñas (3 o 4 mm) respecto a la longitud del nopalito, están presentes únicamente en los nopalitos jóvenes (menos de 20 cm), pues son caducas (Flores *et al.*, 2008) y escinden en un periodo de 3 a 5 semanas, son cilíndricas y en la axila de cada una está una areola de la que brotan las espinas pocos días después, con el crecimiento del nopalito; en la mayoría de las especies, las hojas han sido sustituidas por espinas, lo que disminuye la pérdida de humedad (Rodríguez-Félix y Cantwell, 1988).

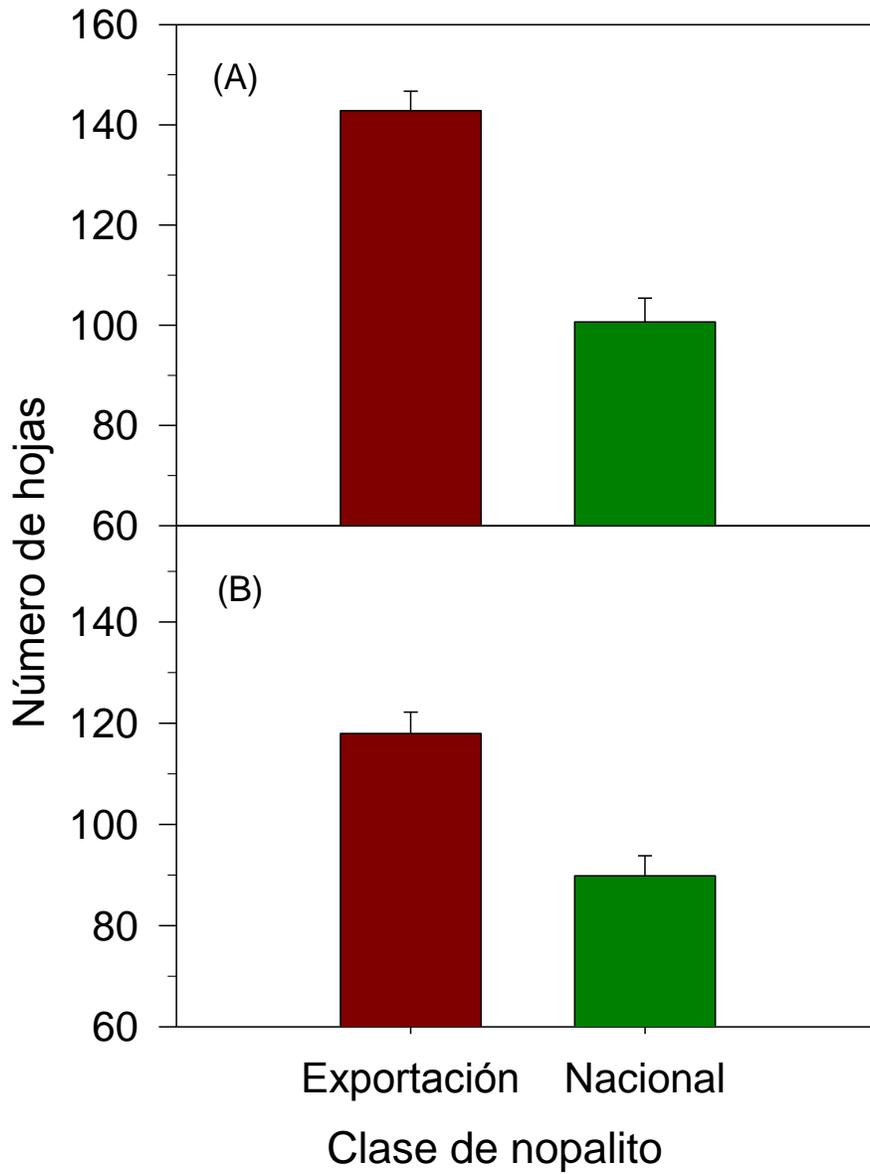


Figura 3.7. Número de hojas de los nopalitos para exportación y para el mercado nacional, cultivados por los grupos de productores (A) PRONACUA y (B) Grupo Agrícola Ixquiltlán, Estado de México.

3.5.2. Composición química parcial

Diferencias significativas y altamente significativas se detectaron en las variables de la composición química de los nopalitos entre los grupos de productores, las huertas y las clases. Entre grupos, el contenido de humedad y el mucílago fueron las únicas variables que presentaron diferencias significativas. Las diferencias entre huertas y clases se presentaron en todas las variables, la excepción fue el contenido de mucílago entre las clases. La interacción entre los nopalitos de los grupos de productores y las clases fue altamente significativa para la acidez titulable (Cuadro 3.5).

Cuadro 3.5. Análisis de varianza de la composición química parcial de nopalitos para exportación y consumo nacional, producidos en el Estado de México.

Factor	Humedad	Acidez	Mucílago	Clorofila	Carotenoides
Grupo	NS	NS	<0.0001	NS	NS
Huerta	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Clase	<0.0001	<0.0001	NS	<0.0001	0.0016
Grupo*Clase	0.002	0.008	NS	NS	0.01

NS= no significativo

a) Contenido de humedad

El contenido de humedad de los nopalitos, fue estadísticamente similar entre los grupos. Se presentaron diferencias significativas entre las huertas, las clases y la interacción grupo y clase (Cuadro 3.5).

La diferencia estadística entre clases representó apenas el 0.29 %, los valores mayores se presentaron en los nopalitos del mercado nacional (Cuadro 3.6). Esto podría estar relacionado con la diferencia entre las edades, ya que menor contenido de agua podría significar mayor madurez.

Cuadro 3.6. Comparación de medias de la composición química parcial de los nopalitos para exportación o para consumo nacional, producidos en el Estado de México.

Variable	Media	N	Calidad
Humedad	94.84	98	Nacional ^a
	94.56	100	Exportación ^b
Acidez	1.11	170	Nacional ^a
	0.99	170	Exportación ^b
Mucílago	4.50	50	Nacional ^a
	4.73	50	Exportación ^a
Clorofila	2.17	98	Nacional ^a
	2.08	100	Exportación ^b
Carotenoides	1.63	98	Nacional ^b
	1.75	100	Exportación ^a

N= Número de muestras analizadas

Medias para cada variable con diferente letra no son similares (P<0.05)

Los resultados demostraron que los nopalitos contenían más de 90 % de humedad y se encontraban dentro de la especificación de la norma mexicana del nopal verdura que establece que “el contenido de agua del producto debe ser mayor al 90 %” (NMX-FF-068-SCFI-2006).

Los resultados obtenidos son similares a los de Betancourt-Domínguez *et al.* (2006) quienes indican rangos entre 91.5 y 94.2 % en diferentes cultivares de nopal. Rodríguez-Félix y Cantwell (1988) señalaron un contenido de humedad de 92 %, otros autores señalaron que éste fluctúa entre 88 y 95 % (Camarillo y Grajeda, 1979; Retamal *et al.*, 1987; Mizradhi *et al.*, 1997). El contenido de humedad mayor en los nopalitos para el mercado nacional puede deberse a que éste aumenta conforme el tamaño de los cladodios (Rodríguez Félix y Cantwell, 1988; Meraz-Maldonado 2012) y puede ser resultado del desarrollo mayor del parénquima, que conduce al almacenamiento mayor de agua y mayor edad (Rodríguez-Félix y Cantwell, 1988). El contenido de agua de los cladodios puede variar con la disponibilidad de agua durante el cultivo (Acevedo *et al.*, 1983) y su disminución en los tejidos es ocasionada principalmente por la pérdida de vapor de agua debido a la transpiración, lo que afecta la apariencia del cladodio (Kader, 1992).

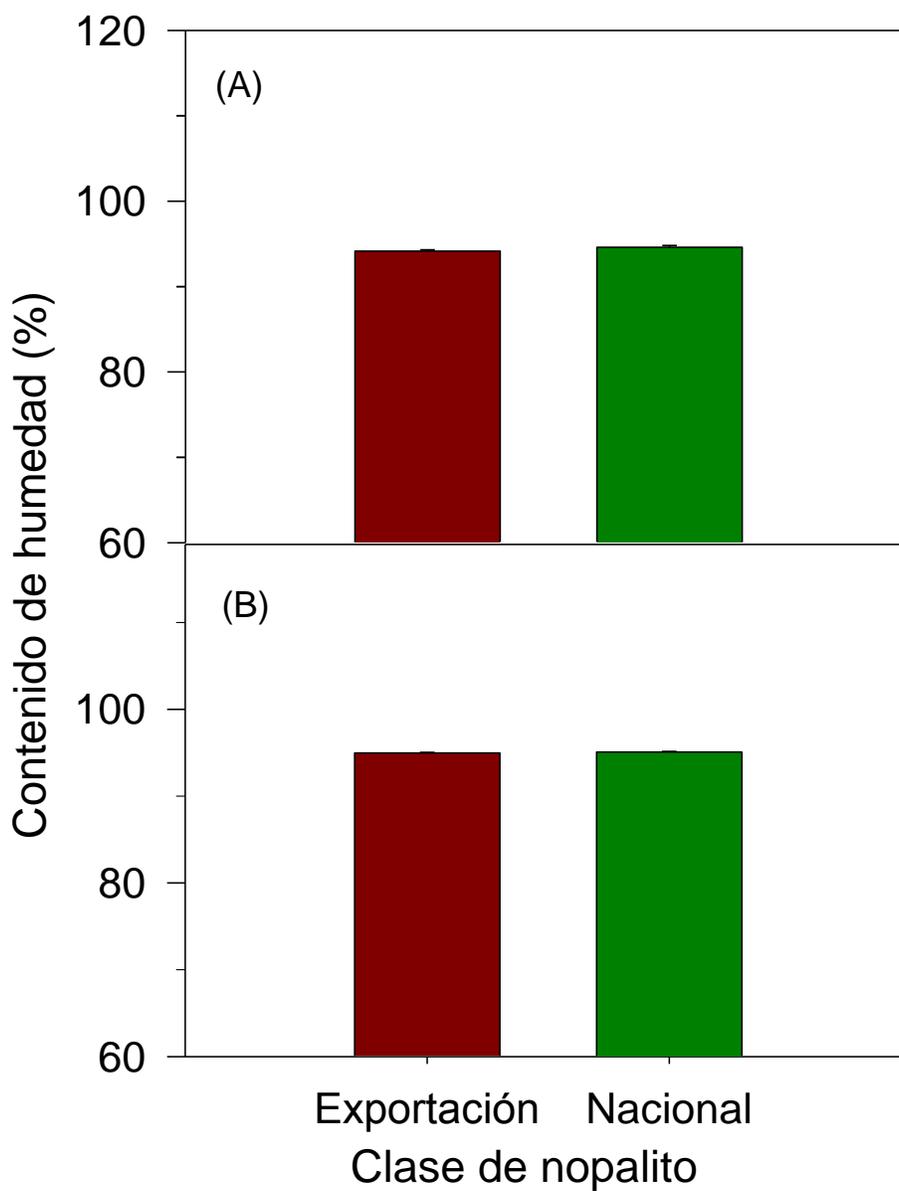


Figura 3.8. Contenido de humedad de los nopalitos de exportación y mercado nacional, cultivados por los grupos de productores (A) PRONACUA, y (B) Grupo Agrícola Ixquiltán, Estado de México.

b) Contenido de mucílago

El contenido de mucílago fue significativamente diferente entre los grupos y las huertas (Cuadro 3.5). Los nopalitos producidos por el Grupo Agrícola Ixquiltán tuvieron concentraciones mayores de mucílago, que representaron 2.32 %, en comparación con los de PRONACUA. Entre clases, el contenido de mucílago fue significativamente similar entre los nopalitos para exportación y para consumo nacional (Figura 3.9).

Las diferencias pueden atribuirse a factores diversos; en este caso, es probable que la época de cultivo haya afectado esta variable (Cuadro 3.2). Fue el caso de la coincidencia de los meses de cosecha del Grupo Agrícola Ixquiltán con la época de lluvias, una situación que seguramente incrementó la disponibilidad de agua para los nopalitos de dicho grupo. Sin embargo, la relación de las lluvias con el contenido mayor de mucílago es opuesta a las afirmaciones que señalan algunos autores, respecto a que el contenido de mucílago incrementa durante los periodos de sequía (Goldstein *et al.*, 1991). De acuerdo con Sáenz (2004), el mucílago es un hidrocoloide con una gran capacidad para absorber agua y le confiere a la planta la capacidad de retener agua en condiciones climáticas desfavorables (Saag *et al.*, 1975); su contenido en la planta depende de la cantidad de lluvia en la zona de producción, es menor en los lugares donde las lluvias son más abundantes. Una característica que distingue a los polisacáridos, es la habilidad que le confieren a la planta para resistir sequías y poder desarrollarse en condiciones ambientales áridas y semiáridas (López-Palacios *et al.*, 2012). Así, el contenido de mucílago depende no solamente del manejo del cultivo sino también de la temperatura y la disponibilidad de agua (de riego o lluvia) (Sáenz, 2004).

Los resultados del presente estudio (Cuadro 3.6) concuerdan con el contenido de mucílago obtenido por Peña-Valdivia *et al.* (2006; 2012). Esos autores indicaron que entre un grupo de 11 cultivares 'Atlixco' fue el de menor contenido de mucílago que otros como 'Copena' y 'Milpa Alta', mientras que los cultivares 'Moradaza', 'Toluca' y 'Tovarito' tuvieron un contenido de estos polisacáridos hasta de 8.4 % m.s.

Los resultados del contenido de mucílago también coinciden con los obtenidos por Sepúlveda *et al.* (2007), quienes reportaron valores entre 4.5 y 5.9 % m.s.

López-Palacios *et al.* (2012) afirmaron que el contenido de mucílago en los nopalitos está en función de la variante y la especie a la que pertenece; en ese estudio el promedio de mucílago de tres cultivares de *O. ficus indica* representó 11 % de materia seca (m.s) y en el estudio realizado por Calvo-Arriaga *et al.* (2010) el contenido de mucílago alcanzó entre 11 y 23 % m.s. Además, García R. (2007) confirmó que el mucílago incrementa varias veces en los nopalitos provenientes de plantas mantenidas sin riego durante 60 d.

La viscosidad propia del mucílago que contienen los nopalitos representa la característica más distintiva del cultivo y uno de los principales criterios de aceptación de los consumidores (Peña-Valdivia *et al.*, 2012; López-Palacios *et al.*, 2012), ya que, al consumirlos ellos asocian la viscosidad con una sensación poco agradable en la boca (Calvo-Arriaga *et al.*, 2010). Así, algunos consumidores muestran preferencia por los nopalitos con poco mucílago (Razo y Sánchez, 2002; Ruiz Pérez-Cacho, 2006).

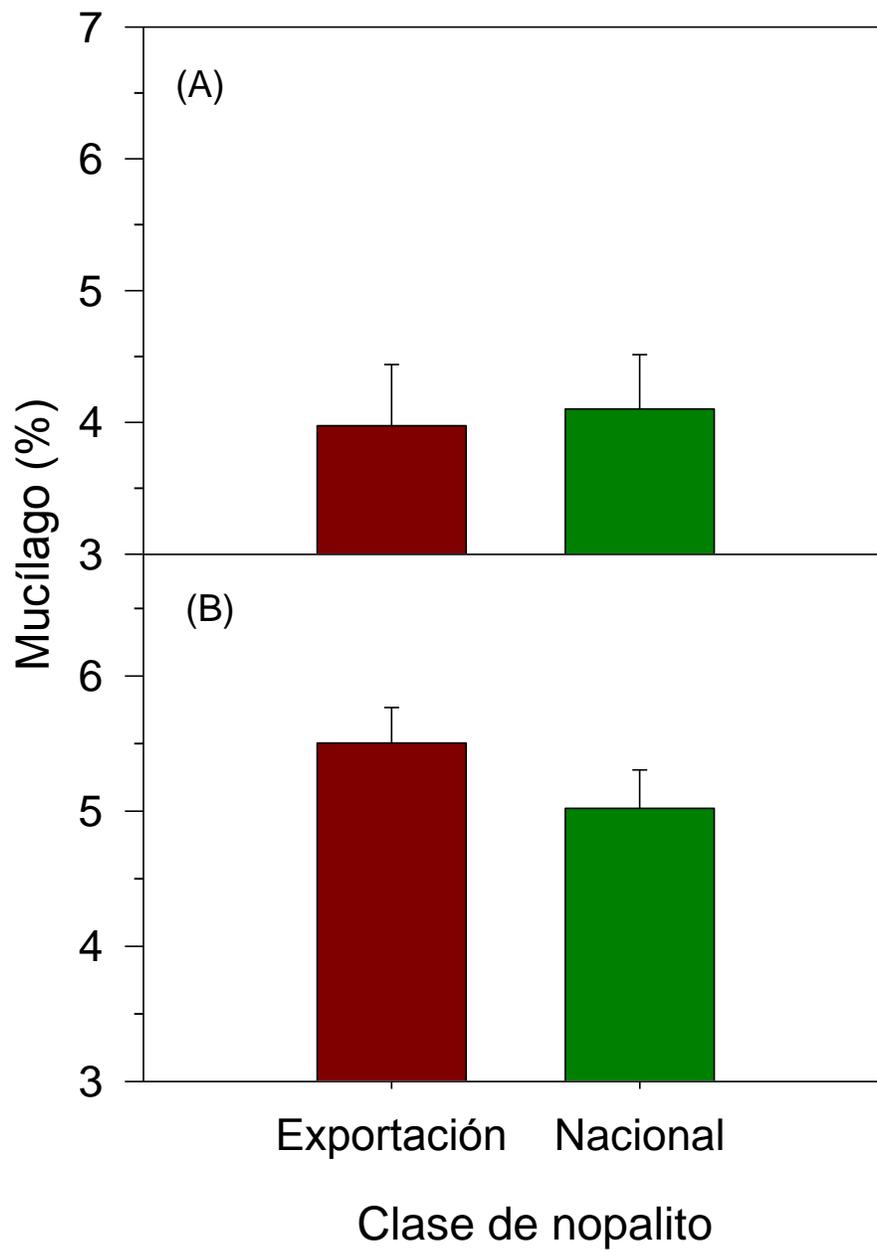


Figura 3.9. Porcentaje de mucílago contenido en los nopalitos para exportación y para el mercado nacional, cultivados por los grupos de productores (A) PRONACUA y (B) Grupo Agrícola Ixquiltán, Estado de México.

c) Acidez titulable

La acidez de los nopalitos fue significativamente similar entre los grupos. Diferencias significativas se presentaron entre las huertas y las clases (Cuadro 3.5). Además, se presentaron diferencias significativas en la interacción entre grupo y clase, por lo que la diferencia entre clases únicamente se presentó en los nopalitos de PRONACUA (Figura 3.10). El contenido de ácido málico fue menor en los nopalitos para exportación (0.99 %) (Cuadro 3.6).

Los valores de acidez titulable obtenidos en el presente estudio son mayores que los registrados por otros autores. Calvo-Arriaga *et al.* (2010) obtuvieron valores entre 0.41 y 0.55 % en nopalitos de los cultivares Milpa Alta, COPENA y Tovarito. Meraz-Maldonado *et al.* (2012) señalaron que la acidez de los nopalitos de 'Atlixco' incrementó en dependencia del tamaño durante un periodo de almacenamiento de 6 d, aquellos con 17 a 22 cm de longitud tuvieron 0.20 % de ácido málico, y la media general estuvo entre 0.16 y 0.80 % en los nopalitos desde 5 hasta 22 cm.

El metabolismo MAC de los nopalitos permite la apertura de sus estomas durante la noche junto con la fijación de dióxido de carbono en forma de ácido málico; en contraste, durante el día los estomas se cierran, con lo que la pérdida de agua por transpiración disminuye notablemente, el ácido málico es descarboxilado y el dióxido de carbono es usado para sintetizar triosas fosfato, por medio de la fotosíntesis tipo C3 (Salisbury y Ross, 1994; Teles *et al.*, 1994; Winter y Smith, 1996). El camino de fotosíntesis tipo MAC además de optimizar el uso del agua tiene como consecuencia la variación de la acidez a lo largo del día, que afecta el sabor y por lo tanto, la aceptabilidad de los consumidores (Corrales-García *et al.* 2004). Al respecto, Razo y Sánchez (2002) señalaron que el sabor que detectan y prefieren los consumidores está relacionado con el porcentaje de ácido málico en los nopalitos que se encuentran entre moderado, 0.41 %, hasta los niveles altos, 0.76 %.

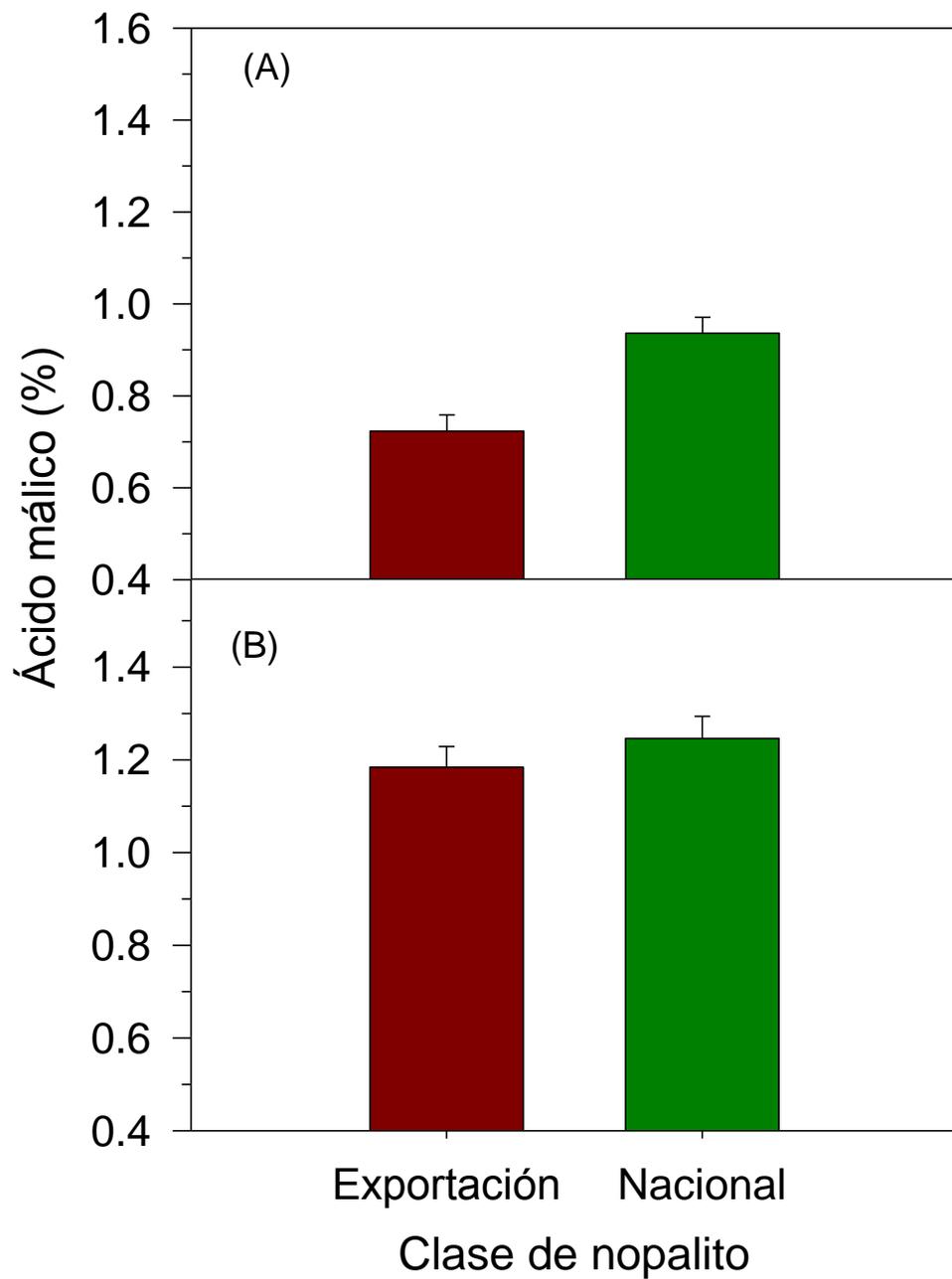


Figura 3.10. Porcentaje de ácido málico contenido en los nopalitos para exportación y para el mercado nacional, cultivados por los grupos de productores (A) PRONACUA y (B) Grupo Agrícola Ixquiltán, Estado de México.

Como antecedente de las investigaciones relacionadas para conocer las concentraciones de ácido málico en nopal están las realizadas por Rodríguez-Felix y Cantwell (1988). En este trabajo reporta 0.45 % de acidez titulable en cladodios de 20 cm de longitud; Camarillo y Grajeda (1979) cuantificaron entre 0.55 y 0.87 % en nopales de la producción invernal. Otros autores asocian el porcentaje de acidez con la especie y la edad del cladodio (García-Ruiz, 2007; López-Palacios *et al.*, 2010; Meraz-Maldonado *et al.*, 2012).

Una característica del cv. Atlixco favorable para su aceptación por un grupo amplio de consumidores, es que tiene uno de los valores menores de acidez entre varios cultivares (Corrales-García *et al.*, 2004; García-Ruiz, 2007; Meraz-Maldonado *et al.*, 2012), a la vez, esto le confiere valor horticultural alto (Corrales-García *et al.*, 2004), por el hecho de que la acidez de los nopalitos es uno de los rasgos de la preferencia de los consumidores (Razo y Sánchez, 2002).

El mecanismo fotosintético típico de las plantas MAC se caracteriza por variaciones de la acidez (o acumulación de ácidos orgánicos) durante el día (Acevedo *et al.*, 1983); los cambios de acidez han sido evaluados por diferentes autores. Corrales-García *et al.* (2004) evaluaron la acumulación de la acidez titulable en nopalitos cosechados a las 6:00 h respecto a los cosechados a las 13:00 h, y señalaron que va de 0.41 a 0.29 %. Tendencia similar (0.28 y 0.21 %) fue obtenida por Razo y Sánchez (2002). Cantwell (1995) también observó que la acidez titulable en nopalitos de 20 cm (*O. inermis*) fue menor en aquellos que fueron cosechados durante la tarde en comparación con los que fueron cosechados por la mañana. Además, se tiene conocimiento de que las variaciones de la acidez de los cladodios durante el día están influenciadas por varios factores, como el área de producción, el manejo del cultivo, la especie, el cultivar, la etapa fenológica de la planta (Hulme, 1971; Dodd *et al.*, 2002; Cushman y Borland, 2002), la temperatura y la hora de la cosecha (Cantwell *et al.*, 1992; Corrales *et al.*, 2004), aunque las variaciones se mantienen durante la postcosecha (Corrales *et al.* 2004). Camarillo y Grajeda (1979) observaron variaciones de la acidez titulable en la producción de invierno que se realiza bajo cubiertas plásticas. También se han reportado incrementos de la acidez relacionados

con la disponibilidad de agua (Robles-Contreras, 1986). Esta información indica que aunque la acidez de los nopalitos sigue el patrón típico de cambio de las plantas MAC, los valores máximos y mínimos o los periodos diurnos y nocturnos en los que permanece esos valores son modificados y dependen de factores numerosos.

d) Clorofila y carotenoides

Las concentraciones de clorofila fueron significativamente similares entre los grupos. Diferencias significativas se presentaron entre las huertas y las clases (Cuadro 3.5). Los resultados en el presente estudio están expresados en mg de clorofila por cada 100 g de tejido fresco.

El contenido de clorofila de los nopalitos para exportación fue menor que la de los de consumo nacional; sin embargo, la diferencia significativa representó únicamente 4.25 % (Figura 3.11).

Cuadro 3.7. Contenido de clorofilas (mg por 100 g de tejido fresco) en nopalitos para exportación y para el mercado nacional, producidos en el Estado de México.

	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila a/b	Clorofila a+b
PRONACUA				
Exportación	6.27 ^a	3.08 ^a	2.03 ^b	9.35 ^a
Nacional	5.81 ^b	2.71 ^b	2.14 ^a	8.52 ^b
Grupo Agrícola Ixquiltán				
Exportación	5.84 ^a	2.73 ^a	2.14 ^b	8.57 ^a
Nacional	5.83 ^a	2.65 ^a	2.20 ^a	8.48 ^a

Medias seguidas por la misma letra en cada columna, para cada grupo de productores, indican que son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

Las concentraciones de los diferentes tipos de clorofila en los nopalitos fueron estadísticamente diferentes entre las clases producidos por el grupo PRONACUA. En los cultivados por el Grupo Agrícola Ixquiltán, aunque el contenido de clorofilas fue significativamente similar entre las clases, los de exportación tuvieron índice

significativamente menor que los seleccionados para el mercado nacional. Independientemente de las diferencias anteriores, el contenido de clorofila a representó más que el doble de la clorofila b en los nopalitos de las dos clases de ambos grupos (Cuadro 3.7). Esta relación es común en numerosas especies y fue documentada por Guevara *et al.* (2001) en nopales. Aunque estos investigadores obtuvieron concentraciones mayores de clorofila a en comparación con el presente estudio (9.5 y 3.0 mg/100 g para clorofila a y b).

Lo anterior contrasta con los resultados obtenidos por Meraz-Maldonado *et al.* (2012), ya que estos autores detectaron contenido mayor de clorofila b que de clorofila a en nopalitos entre los 5 y los 21 cm de longitud, y sugirieron que el contenido de ambas aumenta con el tamaño del cladodio. Estos resultados indican que el contenido de clorofilas en los nopalitos se modifica por el efecto de factores diversos y pueden esperarse ciertas variaciones.

Aguilar-Becerril y Peña-Valdivia (2006) evaluaron la variación del contenido de clorofila de nopalitos cultivados con riego y lo compararon con el de los que se mantuvieron con déficit severo de humedad; los autores señalaron que la clorofila total (a+b) en los nopalitos con riego fue 19.6 mg/100 g de tejido fresco del clorénquima y 9.1 mg/100 g de tejido fresco del parénquima. La concentración de clorofila disminuyó significativamente por el efecto del déficit severo de agua.

La apariencia de los productos hortofrutícolas, que incluye el color, es una de las características más importantes para la aceptación de los productos por el consumidor (Hutchings, 1999, Calvo-Arriaga *et al.*, 2010). En los vegetales verdes el cambio de color puede estar influenciado por el contenido de clorofila (Gibson y Nobel, 1986), pues durante la senescencia la degradación de la clorofila se acelera (Heaton *et al.*, 1996). Entre los cultivares comerciales de nopalito, Atlixco destaca por sus cladodios de color verde oscuro y se encuentra entre aquellos con mayor aceptación entre los consumidores (Cervantes *et al.*, 2006). De acuerdo con López-Palacios *et al.* (2010) el cambio de color puede estar asociado a la degradación de cloroplastos; así, a mayor ángulo de tono puede existir mayor contenido de clorofila.

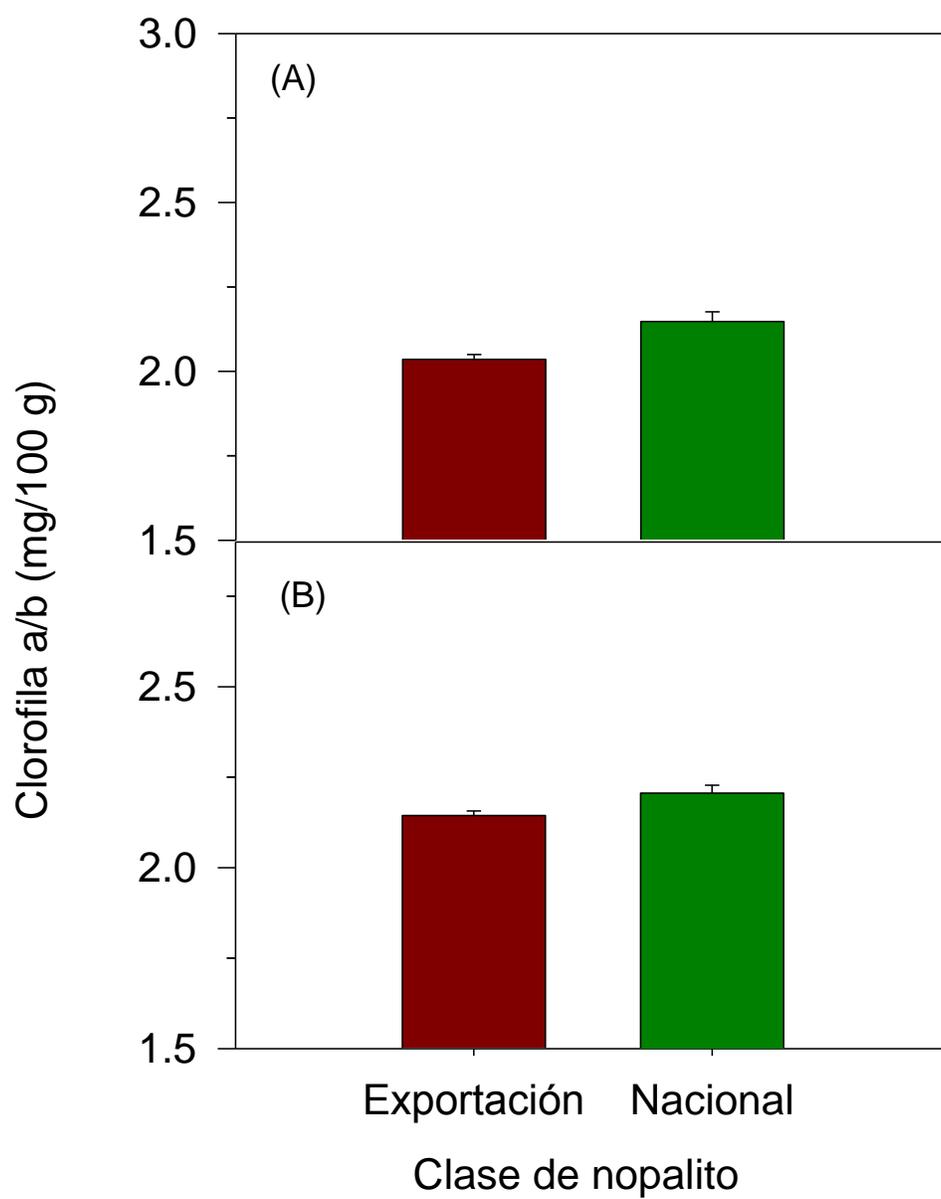


Figura 3.11. Índice de clorofila a/b de los nopalitos para exportación y para el mercado nacional, cultivados por dos grupos de productores (A) PRONACUA y (B) Grupo Agrícola Ixquiltán, Estado de México.

El contenido de carotenoides fue significativamente similar entre los grupos. En contraste, diferencias significativas se presentaron entre las huertas y las clases y en la interacción entre grupo y clase (Cuadro 3.5).

Entre clases, la concentración menor se presentó en los nopalitas para consumo nacional, con una diferencia de 6.86 % (Figura 3.12).

La interacción significativa entre grupo y clase corresponde al contenido menor de carotenoides en los nopalitas para exportación cultivados por el Grupo Agrícola Ixquiltán.

Los concentración de carotenoides que contienen los cladodios del nopal es de interés especial por su actividad antioxidante (Jaramillo-Flores *et al.*, 2003) y por ser precursores de la vitamina A (Rodríguez-Félix y Cantwell, 1988). Los carotenoides de los nopalitas están compuestos por β -caroteno (36 %), luteína (46 %) y criptocianina (18 %) (Jaramillo-Flores *et al.*, 2003). Resultados obtenidos por Rodríguez-Félix y Cantwell (1988) mostraron que el contenido de carotenoides incrementó con la etapa de desarrollo de los nopalitas, y que coincidió con un incremento del contenido de clorofila; así, el contenido de carotenoides en nopalitas en seis estados de crecimiento varió de 25 a 44 $\mu\text{g}/100\text{ g}$, estos valores son similares a los documentados por Guevara *et al.* (2001) (28 a 30 $\mu\text{g}/100\text{ g}$). Betancourt-Domínguez *et al.* (2006) reportaron concentraciones de carotenos totales entre 0.33 y 0.38 mg/g de tejido fresco, y señalaron que el contenido de β -caroteno depende del cultivar y varía entre 14.5 y 32.5 $\mu\text{g}/\text{g}$ de tejido fresco.

Otros autores reportan concentraciones de carotenoides cercanas a las 200 $\mu\text{g}/\text{g}$. González-Cruz *et al.* (2012) cuantificaron 247 $\mu\text{g}/\text{g}$ en nopal fresco y Jaramillo-Flores *et al.* (2003) 231.8 $\mu\text{g}/\text{g}$.

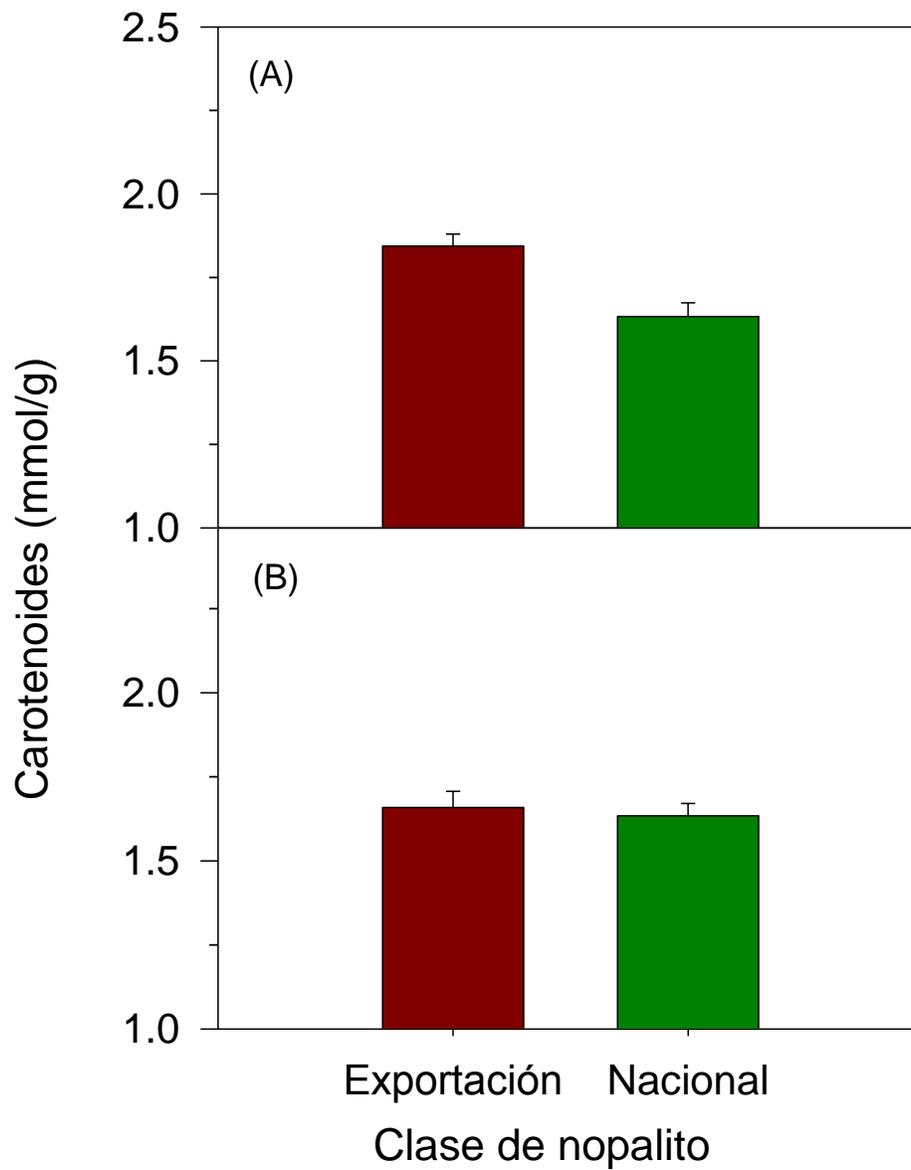


Figura 3.12. Carotenoides contenidos en los nopalitos para exportación y para el mercado nacional, cultivados por los grupos de productores (A) PRONACUA y (B) Grupo Agrícola Ixquitlán, Estado de México.

3.5.3. Detección de residuos químicos

La detección y cuantificación de plaguicidas (Cuadro 3.9) confirmó lo que los productores nos indicaron previamente, que no aplican agroquímicos para el cultivo de los nopalitos. Los análisis de las muestras no detectaron alguno de los plaguicidas siguientes: 16 compuestos organoclorados, 22 organofosforados, cinco organonitrógenados, seis carbamatos, 12 insecticidas, 11 herbicidas o 19 fungicidas (Cuadro 3.8). La única excepción fue una muestra del grupo PRONACUA, en la que se detectaron residuos (0.031 ppm) de ometoato. Sin embargo, debe señalarse que esta cantidad está dentro del límite permitido (Agrolab, 2013).

Este resultado parece no concordar con lo observado en las huertas de este grupo durante los muestreos; el manejo sanitario es óptimo y algunas de las huertas han estado certificadas. El manejo de estas huertas contrasta con las de la misma zona, dedicadas a la producción exclusiva de nopalitos para el mercado nacional. Éstas muestran manejo sanitario deficiente, ya que mantiene envases vacíos de productos agroquímicos al lado de las parcelas. Algunos de esos fueron identificados como contenedores de clorpirifos etil, glifosato y atrazina. Además, esta basura está con desechos de plantas de nopal. En contraste con la evidencia indirecta del uso de plaguicidas en estas huertas, las evaluaciones de esos compuestos en las muestras de nopalitos recolectadas ahí, indicaron ausencia total de residuos. Este resultado pudo deberse al hecho de que la aplicación de plaguicidas no fue cercana a la fecha de muestreo (Aldana *et al.* 2008) o se realizó antes del periodo de lluvias previo al muestreo. De acuerdo con Coscolla (1993) y Reigart y James (1999) las condiciones climatológicas previas al muestreo también influyen en la cuantificación de residuos de plaguicidas.

La norma mexicana para “el nopal verdura” no incluye límites específicos para defectos producidos por microorganismos u otras plagas, e indica que los límites del contenido de plaguicidas están sujetos a las especificaciones establecidas por la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) y la Secretaría de Salud (NMX-FF-068-SCFI-2006). Al respecto, la COFEPRIS no señala

los límites para el uso de ometoato en nopal y tampoco está incluido entre los plaguicidas prohibidos o con uso restringido (Catálogo de plaguicidas, 2004). Es conveniente señalar que la norma Codex para el nopal no especifica la concentración permisible de contaminantes ni de residuos de plaguicidas (Codex Stan 185,1993).

Cuadro 3.8. Plaguicidas evaluados en nopalitos para exportación y para consumo nacional, producidos en el Estado de México.

Organoclorados	P L A G U I C I D A S		CARBAMATOS	INSECTICIDAS	HERBICIDAS	FUNGICIDAS
	Organofosforados	Organonitrógenados				
Alpha-Lindano	Dichlorvos	Diethyltoluamide	Propoxur	Fluvalinate*	2,4-D	Metalaxyl
Beta-Lindano	Mevinphos	Metribuzin	Promecarb	Malathion	Prometon	Captan
Delta-Lindano	Demeton-O	Bromacil	Carbofuran	L-Cyhalotrin	Atrazine	Chlorothalonil
Heptachlor	Ethoprophos	Hexazinone	Carbaryl	a-Cypermethrin	Prometryne	Folpet
Gamma-Lindano	Phorate	Terbacil	Methiocarb	Bifenthrin	Terbutylazine	Thiabendazole
Aldrin	Demeton-S		Methomyl*	Buprofezin	Desmetryn	Chlorothalonil
Heptachlor epoxide-isomer B	Diazinon			Esfenvalerate	Ametryn	Myclobutanil
Endosulfan I	Disulfoton			Pyriproxyfen	Simazine	Propiconazole
Dieldrin	Ronnel			Permethrin	Propazine	Azoxystrobin
Endrin	Methyl Parathion			Cyfluthrin	Terbutryn (prebane)	Fludioxonil
PP-DDD	Trichloronate			Fenpropathrin	Oxyfluorfen	Tebuconazole
Endosulfan II	Chlorpyrifos			Pyriproxyfen		Cyprodinil
PP-DDT	Fenthion					Benalaxyl
Endrin Aldehyde	Tokuthion					Quintozene
Endosulfan Sulfate	Tetrachlorvinphos					Vinclozolin
a-Chlordane	Bolstar					Procymidone
	Naled					Triadimefon*
	Ethion					Captafol*
	Ethyl Parathion					Tetrahydrophthalimide*
	Dimetoato					
	Ometoato					
	Monocrotophos					
	Acephate					

Cuadro 3.9. Detección y cuantificación de plaguicidas por LC/MSMS QQQ (AGILENT 6460)

Grupo Productor	Zona de muestreo	Plaguicida	Detectado permitido		Cantidad permitida en fruto (ppm)
			Uso autorizado en México LMR (ppm)	E. U. LMR (ppm)	
PRONACUA*	San Pablo Ixquitlán	Ometoato	Desconocido	Desconocido	0.031
Grupo Agrícola Ixquitlán**	San Miguel Hueyapan San Pablo Ixquitlán	—	—	—	—
Producción para el mercado nacional**	Cuatlacingo	—	—	—	—

*Se han detectado residuos de plaguicidas con límites permitidos en la muestra analizada

**No se han detectado residuos de plaguicidas con límites permitidos en la muestra analizada

LMR. Límite máximo de residuos

El límite máximo de residuos (LMR) es la concentración máxima de residuos de un plaguicida que recomienda la Comisión del Codex Alimentarius, se expresa en mg/kg o ppm (FAO y OMS, 2013).

En EE.UU. la Agencia de Protección Ambiental (EPA) autoriza el uso de plaguicidas en nopal, como carbaril, diurón, glifosfato y metaldehído, mientras que restringe el uso de etil-clorpirifós, bifentrina y paratión metílico, y el ometoato no está en la lista de productos autorizados (EPA, 2013). Los LMRs que registra son 0.5 y 0.05 ppm para glifosato y diurón. La Comunidad Económica Europea (EC, 2012) no tiene registros de plaguicidas autorizados para nopal verdura, sin embargo, para tuna indica los siguientes: clorfevinfos (0.02 ppm), clorpirifós (0.05 pm), diazinon (0.05 ppm), clorpirifós metil (0.05 ppm), paration metílico (0.02 ppm), malatión (0.02 ppm) y paratión (0.05 ppm). Así, un LMR está en función de cada plaguicida y de lo establecido por cada país que autorice su uso (Muller, 2007).

De acuerdo con el Centro Nacional de Referencia de Plaguicidas y Contaminantes (CNRPyC), en el año 2007 los plaguicidas de mayor incidencia en el nopal fueron monocrotofos, ometoato y dimetoato (SENASICA, 2013).

En un muestreo realizado por Martínez (2011) entre enero y mayo en la localidad de Otumba, Estado de México, detectó en nopalitas residuos de ometoato de 0.121 mg kg^{-1} y la presencia de clorpirifós etílico, dimetoato, paratión metílico, malatión y bifentrina; además, confirmó el uso de ometoato y dimetoato para controlar el trips del nopal (*Sericotrips opuntia* Hood) entre febrero y abril de 2009. Aldana *et al.* (2008) encontraron residuos de diazinón, malatión, clorpirifos y paratión metílico en nopal fresco, en plantaciones de Hermosillo, Sonora.

La inocuidad se refiere al hecho de que los alimentos no causen daño a la salud del consumidor por efecto de algún contaminante de origen biológico, químico o físico (Hernández-Morales, 2007). Los gobiernos de los países importadores establecen regulaciones estrictas para los productos importados y exigen el cumplimiento de normas de calidad estrictas, para evitar riesgos en la salud de los consumidores (Avendaño *et al.*, 2007). Por lo que, el manejo de la inocuidad en la comercialización es equivalente al manejo de la calidad, pues impacta la economía y la salud pública (Hernández, 2007). La inocuidad es un aspecto importante para el consumo de nopal, tanto el producido para exportación, en el que se tiene cuidado especial con la restricción del uso de plaguicidas y la calidad, como el producido para el mercado nacional, aunque en este caso sea evidente el descuido de las huertas y el uso de plaguicidas. Conviene señalar que el nopal no figura en la lista de cultivos con restricción del uso de plaguicidas autorizados (COFEPRIS, 2004), tampoco en el listado de plaguicidas de uso agrícola de SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, 2012).

El destino principal de las exportaciones de nopalito mexicano es E.E.U.U. En relación con esto, en 1998 el Departamento de Salud y Servicios Humanos, en coordinación con la Food and Drug Administration y el Departamento de Agricultura de ese país, publicó la guía para la minimización del riesgo de

contaminación microbiana en frutas y hortalizas frescas, en ella están las directrices de inocuidad alimentaria para hortalizas (Avendaño *et al.*, 1997).

Aunque es evidente que el principal requisito para su exportación es que los nopalitos estén libres de residuos de plaguicidas, no figura en las listas de los principales cultivos de las agencias o secretarías encargadas de las regulaciones en materia de plaguicidas. Los estudios donde se han reportado residuos indican que es común el uso indiscriminado de estos agentes.

3.6. Conclusiones

Las características físicas y químicas de los nopalitos, como peso, longitud, anchura, grosor, número de hojas, humedad, acidez, clorofila y carotenoides son diferentes en los nopalitos clasificados para exportación y para consumo nacional, por lo que la clasificación por tamaño y edad de los nopalitos, está determinando en primer grado también su composición. Por lo anterior los resultados muestran que éstas variables podrían usarse como parámetros de la normatividad de calidad para su exportación. El contenido de mucílago y la firmeza no difieren entre estas clasificaciones, sin embargo pueden estar relacionados con las fechas y sitios de cultivo.

Aunque existen dos normas que hacen referencia a los lineamientos que deben seguirse para el cumplimiento de los aspectos de comercialización de los nopalitos, existen diferencias marcadas y contrastes entre ellas, lo que ha dificultado que los productores las consideren como una guía para la selección de los nopalitos para exportación.

Los productores consideran a la calidad fitosanitaria como una de las principales características que deben cumplir los nopalitos para exportación; por lo que, las plantaciones dedicadas a la exportación cumplen con las restricciones fitosanitarias en el uso de plaguicidas para este cultivo y se evita el uso de agroquímicos en las huertas.

En la comercialización del nopal verdura, especialmente para los mercados internacionales, es importante la aplicación de estándares de calidad uniformes con el fin de hacerlo competitivo con otras hortalizas de mayor consumo.

3.7. LITERATURA CITADA

Acevedo, E.; I. Badilla; P.S. Nobel. 1983. Water relations, diurnal acidity changes and productivity of a cultivated cactus, *O. ficus-indica*. Plant Physiology 72:775-780.

Agrolab, 2013 <http://www.agrolab.com.mx>

Aguilar-Becerril, G.; C.B. Peña-Valdivia. 2006. Alteraciones fisiológicas provocadas por sequía en nopal (*Opuntia ficus-indica*). Revista Fitotecnia Mexicana 29(03): 231-237.

Aguilar-Sánchez, L.; M.A. Martínez-Damián; A.F. Barrientos-Priego; N. Aguilar-Gallegos; C. Gallegos-Vásquez. 2007. Potencial de oscurecimiento enzimático de variedades de nopalito. Journal of Professional Association for Cactus Development 9:165-184.

Aldana M. M. L., M. del C. García M., G. Rodríguez O., M. I. Silveira G., A. I. Valenzuela Q. 2008. Determinación de insecticidas organofosforados en nopal verdura fresco y deshidratado. Rev. Fitotecnia Mexicana. 31(2):133-139).

AOAC. 1990. Official method of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C. 1141 p.

Avendaño, R.B. D; R. Schwentesius, R.; S. Lugo M. 2007. La inocuidad alimentaria en la exportación de hortalizas mexicanas a Estados Unidos. Comercio exterior 57(1):6-18.

- Betancourt-Domínguez, M.A.; T. Hernández-Pérez; P. García-Saucedo; A. Cruz-Hernández; O. Paredes-López. 2006. Physico-chemical changes in cladodes (nopalitos) from cultivated and wild cacti (*Opuntia* spp.). *Plant Foods for Human Nutrition* 61: 115–119
- Calvo–Arriaga, A.O.; A. Hernández–Montes; C.B. Peña–Valdivia; J. Corrales–García; E. Aguirre–Mandujano. 2010. Preference mapping and rheological properties of four nopal (*Opuntia* spp.) cultivars. *Journal of Professional Association for Cactus Development* 12: 127-142.
- Camarillo, B.; J.E. Grajeda. 1979. Estudio comparativo de cinco selecciones de nopal para consumo humano. *Proc. Trop. Reg. Amer. Soc. Hort. Sci.* 23: 236–238
- Cantwell, M.; A. Rodríguez-Félix; F. Robles-Contreras. 1992. Postharvest physiology of prickly pear cactus stems. *Acta Horticulturae* 50: 1-9.
- Cantwell, M. 1995. Post-harvest management of fruits and vegetable stems. In: Barbera, G.; Inglese, P. y Pimienta B., E. (Eds.). *Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear*. FAO Plant Production and Protection Paper 132. Food and Agriculture Organization. Rome, Italy. pp. 120-136.
- Cervantes-Herrera, J.; J.A. Reyes-Agüero; C. Gallegos-Vázquez; R. Fernández-Montes; C. Mondragón-Jacobo; J.C. Martínez-González; J. Luna-Vázquez. 2006. Mexican cultivars of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. with economic importance. *Acta Horticulturae*. 728: 29-36.
- COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios). 2004. Catálogo de plaguicidas. COFEPRIS, SSA, SAGARPA, SEMARNAT, SE. México, D.F.
- Codex Alimentarius. Fresh fruits and vegetables. 2007. World health organization. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma. Pp 84-88.

- Corrales-García, J.; C. B. Peña-Valdivia; Y. Razo M; M. Sánchez H. 2004. Acidity modification associated to hour of the day of cut and elapsed time since harvest, and pH-buffer capacity in nopalitos (*Opuntia* spp.). *Postharvest Biology and Technology*. 32 (2): 169-174.
- Coscolla, R. 1993. Residuos de plaguicidas en alimentos vegetales. Mundi-Prensa. Madrid, España. 205 p.
- Cushman, J. C.; A. M. Borland. 2002. Induction of crassulacean acid metabolism by water limitation. *Plant Cell and Environment*. 25: 295-310.
- Dodd, A.; A. Borland; R. Haslam; H. Griffiths; K. Maxwell. 2002. Crassulacean acid metabolism: plastic fantastic. *Journal of Experimental Botany*. 53: 559-580.
- EPA. 2013. Title 40: Protection of Environment. Code of Federal Regulations. United States Environmental Protection Agency. Electronic code of federal regulations. En Línea: http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?c=ecfr&sid=1c8cd959ef0d373fb7620f42c8445cca&tpl=/ecfrbrowse/Title40/40cfr180_main_02.tpl (Consulta 4 de abril de 2013).
- FAO y OMS. 2013. Residuos de plaguicidas en los alimentos y piensos. Codex Alimentarius. Normas internacionales de los alimentos. <http://www.codexalimentarius.org/> (Consulta 4 de abril de 2013)
- Flores V., C.A.; G. Aranda O.; P. Ponce J. 2008. Uso del nopal en la reforestación y conservación de suelos. VI Simposium taller producción y aprovechamiento del nopal en el noreste de México. *Revista Salud Pública y Nutrición*. Edición especial 14.
- García, H.E.; C.B. Peña-Valdivia. 1995. La pared celular. Componente fundamental de las células vegetales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. México. 96 p.
- García-Ruíz, M. T. 2007. Procesos fisiológicos y contenido de polisacáridos estructurales en nopalito (*Opuntia* spp.) y su modificación por el potencial

de agua del suelo. Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad Fisiología Vegetal. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. México. 124 p.

Gibson A.C.; P.S. Nobel. 1986. "The cactus primer". Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. USA. 286 p.

Goldstein, G.; J.L. Andrade; P. Nobel, P. 1991. Differences in water relations parameters from the chlorenchyma and the parenchyma of the *Opuntia ficus-indica* under wet versus dry conditions. Australian Journal of Plant Physiology. 18: 95-107.

González-Cruz, L, S. Filardo-Kerstupp, L.A. Bello-Pérez, N. Güemes-Vera, and A. Bernardino-Nicanor 2012. Carotenoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of low-calorie nopal (*Opuntia ficus-indica*) marmalade. J. Food Process. Preserv. 36: 267-275.

Guevara, J.C.; E.M. Yahia; E. Brito de la Fuente. 2001. Modified atmosphere packaging of prickly pear cactus stems (*Opuntia* spp.) Lebensm. Wiss. Technol. 34: 445-451.

Hamann, T. 2012. Plant cell wall integrity maintenance as an essential component of biotic stress response mechanisms. Frontiers in Plant Science 3:77.

Harker, F.R.; R.J. Redgwell; I.C. Hallett; S. Murray; G. Carter. 1997. Texture of fresh fruit. Horticultural Reviews 20: 121-224.

Heaton, J.W.; R.Y. Yada; A.G. Marangoni. 1996. Discoloration of coleslaw is caused by chlorophyll degradation. Journal of Agricultural and Food Chemistry 44: 395–398.

Hernández, H. L.M. 2007. La importancia de la calidad y la inocuidad agroalimentaria. Órgano informativo de la Fundación Produce Guerrero A.C. 1:17-23.

- Hernández-Morales, J. 2007. Inocuidad agrícola (del campo a la mesa). Órgano informativo de la Fundación Produce Guerrero A.C. 1:4-7.
- Hulme, A.C. 1971. The biochemistry of fruit and their products. Academic Press, London, UK. 788 p.
- Hutchings, J.B. 1999. Food color and appearance. Aspen Publishers, Gaithersburg, Maryland. 593 p.
- Jaramillo-Flores, M.E.; L. González-Cruz; M. Cornejo-Mazón; L. Dorantes-Álvarez; G.F. Gutiérrez-López; H. Hernández-Sánchez. 2003. Effect of thermal treatment on the antioxidant activity and content of carotenoids and phenolic compounds of cactus pear cladodes (*Opuntia ficus indica*). Food Science Technology 9: 271-278.
- Kader, A.A. 1992. Postharvest technology of horticultural crops. University of California special publication 3311, Oakland, CA.
- Kiesling, R. 1998. Origen, domesticación y distribución de *Opuntia ficus-indica*. Journal of the Professional Association for Cactus Development. 3: 50-59.
- López-Palacios, C.; J.A. Reyes-Agüero; H.M. Ramírez-Tobias; B.I. Juárez-Flores; J.R. Aguirre-Rivera; L. Yañez-Espinosa; M.A. Ruíz-Cabrera. 2010. Evaluation of attributes associated with the quality of nopalito (*Opuntia* spp. and *Nopalea* sp.). Italian Journal of Food Science 4(22): 423-431.
- López-Palacios, C.; C.B. Peña-Valdivia; J.A. Reyes-Agüero; A.I. Rodríguez-Hernández. 2012. Effects of domestication on structural polysaccharides and dietary fiber in nopalitos (*Opuntia* spp.). Genet Resour Crop Evol 59:1015-1026.
- López-Palacios, C.; Peña-Valdivia, C.B.; Rodríguez-Hernández, A.I.; Reyes-Agüero, J.A. 2013. Content and rheological properties of the polysaccharides of nopalito (*Opuntia* spp., cactaceae) dependent on domestication. Applied Rheology. In Press

- Martínez, M.T.O. 2011. Calidad sanitaria en la producción de nopal verdura (*Opuntia* spp.) en Otumba, México. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados. México. 103 pp.
- Meraz-Maldonado, N.; S. Valle-Guadarrama; J. Hernández-Morales; S. Anaya-Rosales; J. C. Rodríguez-Maciel; G. Leyva-Ruelas. 2012. Quality of three sizes of prickly pear cactus stems (*Opuntia ficus indica* L. 'Atlixco'). African Journal of Agricultural Research 7(32): 4512-4520.
- Mizrahi, Y.; A. Nerd; P.S. Nobel. 1997. Cacti as crops. Hort. Rev.18:291–320.
- Muller, E. 2007. Establishment of maximum residue levels for minor uses. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 37(1):215-218.
- NMX-FF-068-SCFI-2006. Hortaliza fresca -Nopal verdura (*Opuntia* spp.)- Especificaciones. Normas Mexicanas. Secretaría de Economía.
- Nobel, P. S. 1998. Los incomparables agaves y cactus. Ed. Trillas. México. 639 p.
- Peña-Valdivia, C.B.; A.B. Sánchez-Urdaneta. 2006. Nopalito and cactus pear (*Opuntia* spp.) polysaccharides: mucilage and pectin. Acta Horticulturae 728: 241-247.
- Peña-Valdivia, C. B.; C. Trejo L; V. B. Arroyo-Peña; A. Sánchez U.; R. Balois M. 2012. Diversity of unavailable polysaccharides and dietary fiber in domesticated nopalito and cactus pear fruit (*Opuntia* spp.). Chemistry & Biodiversity 9(8): 1599-1610.
- Razo, M.Y.; M. Sánchez. 2002. Acidez de 10 variantes de nopalito (*Opuntia* spp.) y su efecto en las propiedades químicas y sensoriales. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, México. 104 p.
- Reigart R J, R James (1999). Reconocimiento y manejo de los envenenamientos por pesticidas. 5a ed. <http://www.epa.gov/pesticides/safety/healthcare>

- Retamal, N.; J. M. Durán; J. Fernández. 1987. Seasonal variations of chemical composition in prickly pear (*Opuntia ficus indica* (L.) Miller). *J. Sci. Food Agric.* 38: 303-311.
- Roberts, Donna. 1999. Analyzing technical trade barriers in agricultural markets: challenges and priorities. *Agribusiness* 15(3): 335-354.
- Robles-Contreras, F. 1986. Efecto de la frecuencia de riego sobre las relaciones hídricas, producción y calidad de nopal para verdura (*Opuntia ficus-indica*). Hermosillo, México: University of Sonora. Tesis profesional.
- Rodríguez-Félix, A.; M. Cantwell. 1988. Developmental changes in composition and quality of prickly pear cactus cladodes (nopalitos). *Plant Foods for Human Nutrition* 38: 83-93.
- Rodríguez-Félix, A.; M.A. Villegas-Ochoa. 1997. Quality of cactus stems (*Opuntia ficus-indica*) during low-temperature storage. *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 2:142-152.
- Rodríguez-Félix, A. 1999. Fisiología y tecnología postcosecha de nopalitos. Memoria del VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. Universidad Autónoma de San Luis Potosí 211-227.
- Ruiz Pérez-Cacho, M.P.; H. Galán-Sevilla; J. Corrales G.; A. Hernández M. 2006. Sensory characterization of nopalitos (*Opuntia* spp.). *Food Research International* 39: 285-293.
- Saag, I.M.K.; G. Sanderson; P. Moyna; G. Ramos. 1975. Cactacea mucilage composition. *Journal Science of Food Agriculture* 26: 993-1000.
- Saézn, C.; E. Sepúlveda; B. Matsuhiro. 2004. *Opuntia* spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. *Journal of Arid Environments* 57: 275-290.

- Salisbury, F.B.; C.W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica. 759 pp.
- Sepúlveda, E.; C. Saénz; E. Aliaga; C. Aceituno. 2007. Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. Journal of Arid Environments 68: 534-545.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2012. Listado de plaguicidas de uso agrícola. <http://www.senasica.gob.mx>
- Seymour, G.B.; K.C. Gross. 1996. Cell wall disassembly and fruits softening. Postharv. News Inform 7:45-52
- Stintzing, F. C.; R. Carle. 2005. Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. Mol. Nutr. Food Res. 49:175-194
- Teles, F.F.F.; R.L. Price; F.M. Whiting; B.L. Reid; 1994. Circadian variation of non-volatile organic acids in the prickly pear (*Opuntia ficus indica* L.). Rev. Ceres 41: 614-622.
- Toivonen, P.M.A.; D.A. Brummell. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. Postharvest Biology and Technology 48:1-14.
- Winter, K.; J.A.C. Smith. (Eds). 1996. Crassulacean Acid Metabolism. Biochemistry, Ecophysiology and Evolution. Ecological Studies 114. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

4. TENDENCIAS DE PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE NOPALITO (*Opuntia ficus indica*)

4.1. Resumen

La producción y exportación de hortalizas es una de las actividades más importantes de la economía mexicana. La producción de nopalito en México ha aumentado en las últimas décadas y se ha reconocido como una hortaliza con alto potencial de exportación. El objetivo de este estudio fue identificar la tendencia de producción y comercialización internacional del nopalito, tomando en cuenta los aspectos socioeconómicos que la envuelven, y conocer su posición entre los cultivos con mayor importancia en México. La información se obtuvo de la literatura y estadísticas oficiales de los temas centrales; y mediante cuestionarios aplicados a los productores se obtuvo información del manejo del nopalito para exportación en la región productora de Otumba y San Martín de las Pirámides, Estado de México. Las empresas exportadoras principales de nopalito en México son 18. Mediante un análisis FODA se expusieron estrategias con la finalidad de sugerir una propuesta a los problemas que existen en torno a la producción de nopalito para exportación.

Palabras claves: agroindustria, fracción arancelaria, FODA.

TRENDS OF PRODUCTION AND MARKETING NOPALITO

4.2. Abstract

The production and export of vegetables is one of the most important activities of the Mexican economy. Nopalito production in Mexico has increased in recent decades and is recognized as a vegetable with high export potential. The aim of this study was to identify the trend in production and international marketing nopalito, taking into account socio-economic aspects that surround it, and known its position among the most important crops in Mexico. The information was obtained from the literature and official statistics of the central themes; and through questionnaires to producers was obtained information about handling for export producing region Otumba and San Martin de las Piramides, State of Mexico. The main exporting nopalito companies in Mexico are 18. Using a SWOT analysis strategies are presented in order to suggest an approach to the problems that exist around nopalito production for export.

Keywords: agroindustry, tariff, SWOT

4.3. Introducción

México es uno de los principales productores y exportadores de hortalizas en el mundo. La actividad hortofrutícola es una de las más redituables en el campo. La superficie destinada para estos cultivos es aproximadamente 2.7 % de la superficie agrícola nacional y aporta 16 % del valor total de la producción (FAO, 2014; SIAP, 2014). La riqueza de climas en México favorece la producción de hortalizas durante todo el año, lo que representa una de las principales ventajas para la producción.

Los nopalitos son los cladodios tiernos de las especies *Opuntia* y *Nopalea* que se consumen como verdura. El clima de gran parte del territorio mexicano propicia la producción adecuada de los nopalitos (Reyes-Agüero, *et al.* 2005). El cultivo y producción de nopalitos ha despertado interés reciente en otros países; pero, en general han tenido poco éxito (Flores-Valdez, 2003; Sáenz, 2006; Ramírez *et al.*, 2012). Lo anterior ha propiciado la comercialización de los nopalitos mexicanos a otros países; sin embargo, la información y los registros oficiales de las exportaciones de nopalitos, que son necesarios para evaluar las tendencias de las exportaciones en el tiempo están documentados escasamente.

Las estadísticas oficiales de organismos internacionales, como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) no incluyen al nopal entre los cultivos, por lo que el registro de la cantidad de nopalito exportado no está reconocido.

El nopalito se encuentra entre las 15 hortalizas más importantes de México, la tendencia de su producción ha ido incrementando y en los últimos años la superficie cosechada y el valor de la producción ha rebasado al haba (*Vicia faba* L.) verde y a la lechuga (*Latuca sativa* L.) (SIAP, 2014).

Los objetivos del presente estudio fueron identificar la tendencia de producción y comercialización internacional del nopalito, tomando en cuenta los aspectos socioeconómicos que la envuelven, y conocer su posición entre los cultivos con

mayor importancia en México. Conocer el manejo del nopalito durante el proceso de exportación.

4.4. Materiales y métodos

Para analizar la tendencia de la producción de nopalito en México fueron analizadas las fuentes oficiales de información (Cuadro 4.1); también se realizaron entrevistas a productores-exportadores. Las entrevistas estuvieron basadas en las especificaciones del Codex Alimentarius, la Norma Mexicana del Nopal y en el Plan Rector del Sistema Producto Nopal.

El proceso de embarque para la exportación de nopalito y las características que los productores deben cumplir para la exportación fueron recopiladas mediante entrevistas y aplicación de un cuestionario a productores-exportadores.

4.4.1. Revisión de las fuentes de información

Se realizó la consulta de 19 fuentes oficiales nacionales e internacionales, para recabar información acerca de las tendencias de producción y exportación en México (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Fuentes oficiales consultadas para caracterizar la tendencia de la producción y exportación de nopalito

Organismo	Cita
Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASERCA)	ASERCA, 2012; Ayala <i>et al.</i> , 2012.
Banco de México (BANXICO)	BANXICO, 2014.
Banco Nacional de Comercio Exterior (BANCOMEXT)	BANCOMEXT, 2014.
Cámara de Comercio México – Estados Unidos (UNITED STATES-MEXICO CHAMBER OF COMMERCE)	Cámara de Comercio México – Estados Unidos, 2014.
Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA)	USDA, 2014.
Federal Trade Commission	FTC, 2014.
Financiera Rural	Financiera Rural, 2008
Food and Drug Administration (FDA)	FDA, 2014.
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)	Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2007 a,b, c.
International Trade Administration	Trade, 2014
Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)	FAO, 2013; FAOSTAT, 2014
Organización Mundial de Comercio (OMC)	OMC, 2014
PROMÉXICO (SE)	PROMÉXICO, 2014.
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)	SAGARPA, 2014
Secretaría de Economía (SE)	SE, 2014
Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)	SIAP, 2014
Sistema de Administración Tributaria (SAT) – Aduana México	SAT, 2014
Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI-SE)	SE, 2014; SIAVI, 2014
United States International Trade Commission	USITC, 2014

Las zonas productoras de nopalito seleccionadas para el estudio fueron la delegación Milpa Alta, Distrito Federal, seleccionada debido a que ahí se obtiene 30% de la producción nacional de nopal (Instituto Nacional de Estadística y

Geografía, 2007 a); y la zona de Otumba y San Martín de las Pirámides, Estado de México, seleccionada por ser otra zona importante de producción de nopalito, en esa zona se siembra 96 % de las 21 086 ha de nopal del Estado de México (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2007 b).

En la delegación Milpa Alta se estableció contacto con los productores del centro de acopio y la empresa “Productos Azteca”. En los municipios de Otumba y San Martín de las Pirámides, el apoyo se obtuvo de los productores de los grupos Agrícola Ixquiltán y PRONACUA.

Los productores de los grupos PRONACUA y Agrícola Ixquiltán accedieron a participar en el estudio y proporcionar la información solicitada; por esto, los resultados presentados corresponde mayoritariamente a la zona productora del Estado de México.

4.4.2. Elaboración de cuestionarios

Para obtener la información directa de los aspectos relacionados con la producción y exportación de nopal se elaboró un cuestionario (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.2. Cuestiones planteadas a los productores-exportadores de nopalito.

Fecha _____

Estado _____ Delegación o municipio _____

Nombre del productor o empresa: _____

1. Qué superficie destina a producir nopal
2. Tipo de productor

Individual	
Familiar	
Ejidal	

3. Que variedades de nopal verdura cultiva

Milpa Alta	
Atlixco	
Copena VI	
Copena F1	

4. Qué porcentaje de su producción destina a la exportación

No exporto	
Toda la producción se exporta	
75%	
50%	
25%	
10%	

5. ¿Es usted exportador directo?

Si _____

No, soy proveedor de alguna empresa procesadora _____

No, exporto mediante intermediarios _____

6. Cuáles son las limitantes que se presentan para exportar su producto

Trámites complicados	
No se cumplen los requisitos	
No se alcanza la calidad requerida	

7. Qué volúmenes son requeridos para exportación

8. Que volúmenes comercializa al año

9.Cuál es el principal problema que presenta el nopal durante la comercialización

Problemas de percibibilidad	
Oxidación	
Daños por rozamiento de espinas	
Otro	

10. En qué forma exporta el nopal

Fresco con espinas	
Fresco sin espinas	
Salmuera	
Escabeche	

11. Cuál es el motivo para comercializar su producto de esta forma

Mayor aceptación en el mercado destino	
Menores costos	
Percibibilidad del producto	
Preferencia del consumidor	
Otro	

12. Precio de venta del nopal por presentaciones y lugar de venta

Presentación	Precio	Lugar de venta
Nopal con espinas		
Nopal sin espinas entero		
Nopal sin espinas, picado,		

empacado en bolsas de plástico		
Procesado en salmuera		
Procesado en escabeche		

13. Cuál es el principal lugar de comercialización de su producto

Lugar	Cantidad vendida
Central de Abastos de Iztapalapa	
Centro de acopio Milpa Alta	
Tianguis	
Mercados municipales	
Mercado internacional	
Otro	

14. Forma de comercializar el producto

Canasto	
Caja de madera	
Caja de cartón	
Bulto	
Tonelada	

15. ¿Aplica alguna norma de calidad a su producto?

Si _____ Cuál _____
 No _____ Por qué _____

16. Características de calidad requeridas para exportación (tanto de producto fresco como procesado)

Tamaño	
Color	
Firmeza	
Uso moderado de agroquímicos durante la producción	
Empaque	
Presentación	

17. Destino de los productos exportados

Estados Unidos	
Canadá	
Japón	
Europa	

18. Cuáles son los principales problemas que se les presentan como productores para penetrar en el mercado internacional

Falta de organización de los productores	
Falta de apoyo gubernamental	
Procesos complicados de exportación	
No se alcanzan los volúmenes requeridos de exportación	
Altos costos	
Escasa infraestructura	
Sobreproducción	
Otro	

19. Costos

Jornales	
Costos de producción (incluida mano de obra e insumos)	
Precio pagado al productor	
Precio de comercialización	
Flete	

20. ¿Considera que es más atractivo invertir en el cultivo de nopal si este tiene un valor agregado, como puede ser la industrialización?

Si ___ Razón _____

No ___ Razón _____

21. ¿Cómo realiza el corte durante la cosecha?

Manual _____

Con cuchillo _____

4.4.3. Documentación del proceso de embarque para la exportación de nopal

El manejo del nopalito para exportación, desde la cosecha hasta el punto de embarque (sitio de acopio) fue documentado fotográficamente en las huertas del productor José Flavio Álvarez, en Otumba, Estado de México.

4.4.4. Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, FODA

Para identificar las ventajas y desventajas en la producción de nopalito para exportación la información obtenida con los cuestionarios fue examinada mediante el análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA). Este análisis consiste en evaluar los factores internos (fuertes y débiles)

y externos (oportunidades y amenazas) de una organización, constituye una herramienta sencilla para generar una perspectiva de la situación estratégica de una organización determinada (Ponce, 2006). Para realizar el análisis las siguientes definiciones fueron consideradas:

Fortalezas. Capacidades y recursos hacia el interior de la empresa que permiten tener ventajas frente a la competencia.

Oportunidades. Factores positivos y favorables en el entorno de la empresa que permiten obtener ventajas competitivas.

Debilidades. Factores que conllevan a una posición desfavorable frente a la competencia, como carencia de recursos y falta de habilidades.

Amenazas. Situaciones provenientes del entorno que atentan contra la organización.

4.5. Resultados y discusión

4.5.1. Producción de hortalizas en México

La producción de hortalizas se considera que es una de las actividades más rentables (Mestiza y Escalante, 2003), dado su relevante contribución al incremento de la producción agrícola y exportación agrícola. La tendencia positiva en la producción de frutas y hortalizas en México está relacionada con las características ambientales y geográficas, que están representadas principalmente por un clima propicio, la existencia de tierras productivas, el bajo costo de la mano de obra y la cercanía con el mercado de Estados Unidos de América (Macías, 2000).

La producción y comercialización de hortalizas orientada hacia el mercado nacional, también ha tenido un crecimiento importante a partir de la segunda mitad del siglo XX (Marañón, 1997; Macías, 2000). El destino principal de la producción de hortofrutícolas en México es el mercado nacional, al cual dirige

aproximadamente entre 75 y 80 % (Marsh y Runsten, 1996; Schwentesius *et al.* 1997).

México destina 21 901 600 ha a la producción agrícola (SIAP, 2014). La producción de hortalizas en el año 2012 fue de 12 313 732 t, con un valor de producción de 3 970 231 miles de dólares. Así, las hortalizas ocupan una superficie de 2.59 % y aportan el 13 % del valor total de la producción (SIACON, 2012).

De los principales cultivos agrupados en cereales, forrajes, frutas, hortalizas, industriales y oleaginosas, los cereales son a los que se le destina la mayor superficie de siembra; sin embargo, la tendencia no se ha mantenido lineal positiva a través de los años. Mientras que la tendencia en la superficie cosechada de frutas y hortalizas ha sido creciente, aun así la importancia de estas no radica en dicha superficie sino en el valor de la producción, que se ha mantenido en crecimiento desde 1980 hasta 2012, año en el cual represento 25.6 % del total, lo que equivale a 591 375.60 miles de dólares (Figura 4.1).

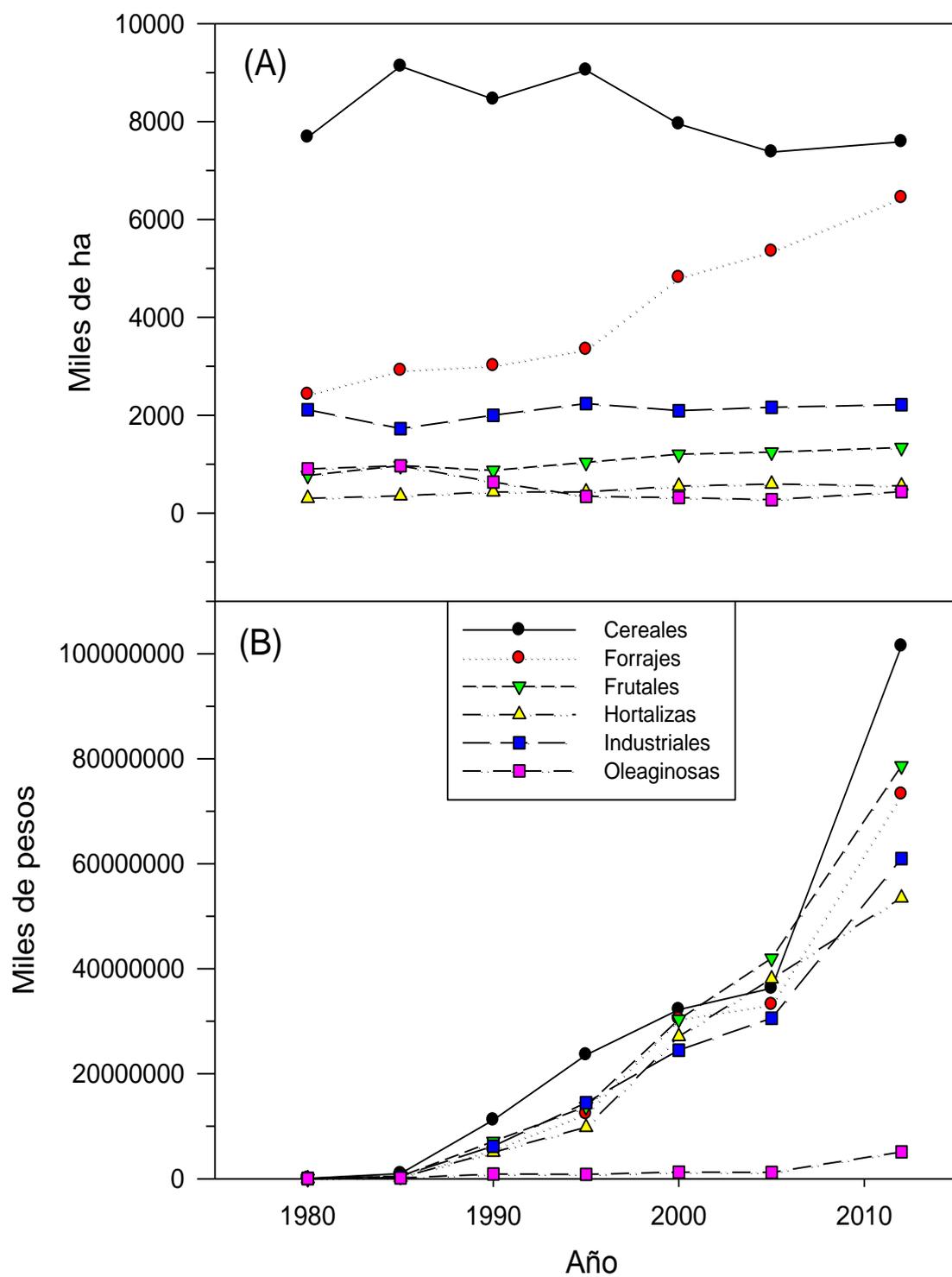


Figura 4.1. Tendencia de la superficie cosechada (A) de los principales grupos de cultivos en México y del valor de la producción (B), a partir del año 1980 (SIACON, 2012).

La superficie cosechada de los productos hortofrutícolas incrementó 82.8 % entre los años 1980 y 2012, mientras que la producción triplicó su volumen (Cuadro 4.3).

Cuadro 4.3. Cambios de la superficie sembrada y cosechada, producción y valor de la producción de hortalizas en México, entre 1980 y 2012 (SIACON, 2012).

Año	Superficie		Producción (t)	Valor producción (miles de dólares*)
	Sembrada (ha)	Cosechada (ha)		
1980	320 263	303 606	3 619 407	2 737
1985	384 617	352 146	4 491 542	74 093
1990	459 653	431 759	6 030 463	1 456 603
1995	452 274	431 688	6 648 470	2 820 944
2000	568 867	553 144	8 984 137	7 809 154
2005	616 699	593 610	10 585 010	10 969 444
2012	569 169	555 110	12 313 732	15 411 817

*Valor expresado en dólares al tipo de cambio del 31 de octubre de 2014 (Banxico, 2014)

La tendencia del uso de la superficie destinada a la producción agrícola en México se ha modificado con las políticas gubernamentales de cada sexenio. Durante el periodo de 1988 a 1996 se instrumentaron reformas macroeconómicas con el fin de modificar y mejorar el entorno de la agricultura en México (Barrera *et al.*, 2011)

4.5.2 Panorama general de la producción y comercialización de productos hortofrutícolas

La actividad hortofrutícola es una de las más productivas en el marco de la agricultura mundial (Financiera Rural, 2008; ASERCA, 2012; Ayala *et al.*, 2012). La producción y comercialización de los productos hortofrutícolas se ha incrementado durante las últimas décadas (Escalante y Catalán, 2008) debido a las nuevas pautas de la economía internacional regidas por los cambios en la oferta y la demanda (Macías, 2010). El crecimiento de la actividad hortofrutícola

entre 1980 y 1990 fue de 30 % y aumentó hasta 56 % entre 1990 y 2003 (Aksoy, 2005).

En el panorama mundial el comercio de frutas y hortalizas no representa la capacidad de producción de cada país, ya que los mayores productores no tienen la ventaja principal de la cercanía geográfica con el importador principal de estos productos, que generalmente es Estados Unidos de América (Aksoy, 2005). Así, Latinoamérica es la región que evidentemente se beneficia de esta ventaja, ya que los países líderes en exportación de frutas y hortalizas son México, Chile y Costa Rica, aunque la producción mayor se concentra en los países asiáticos (Figura 4.2 y 4.3).

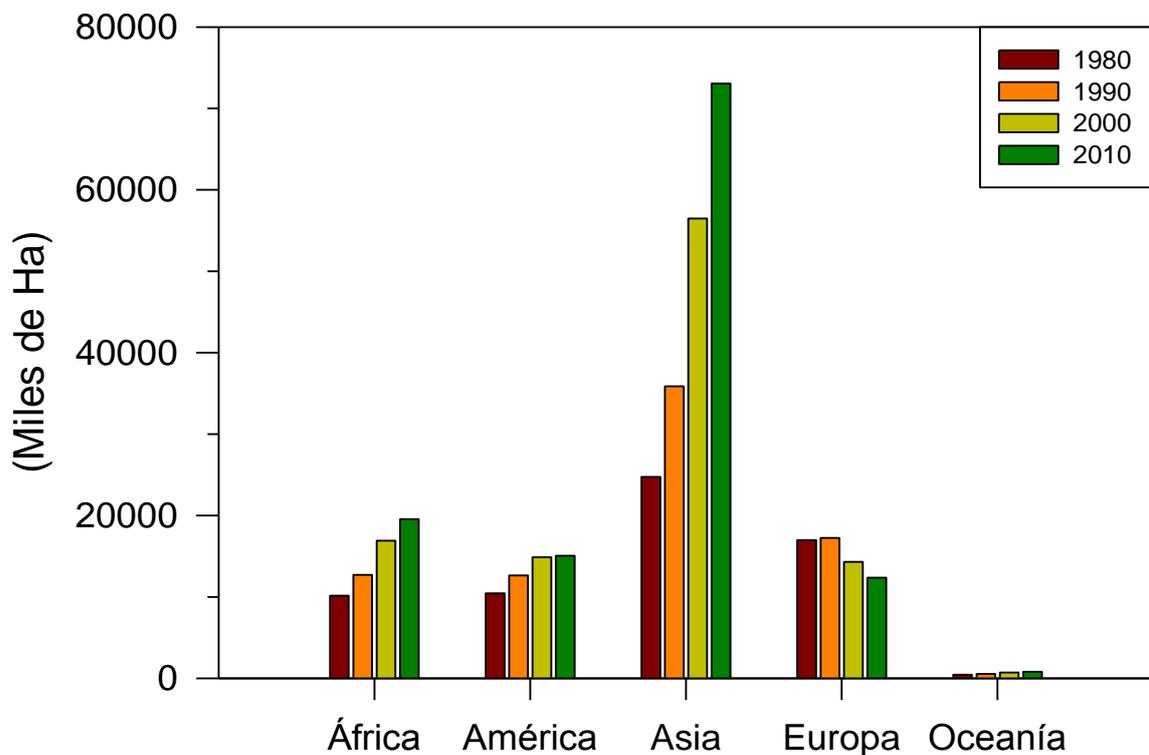


Figura 4.2. Superficie cosechada (miles de ha) de frutas y hortalizas por región (FAOSTAT, 2014).

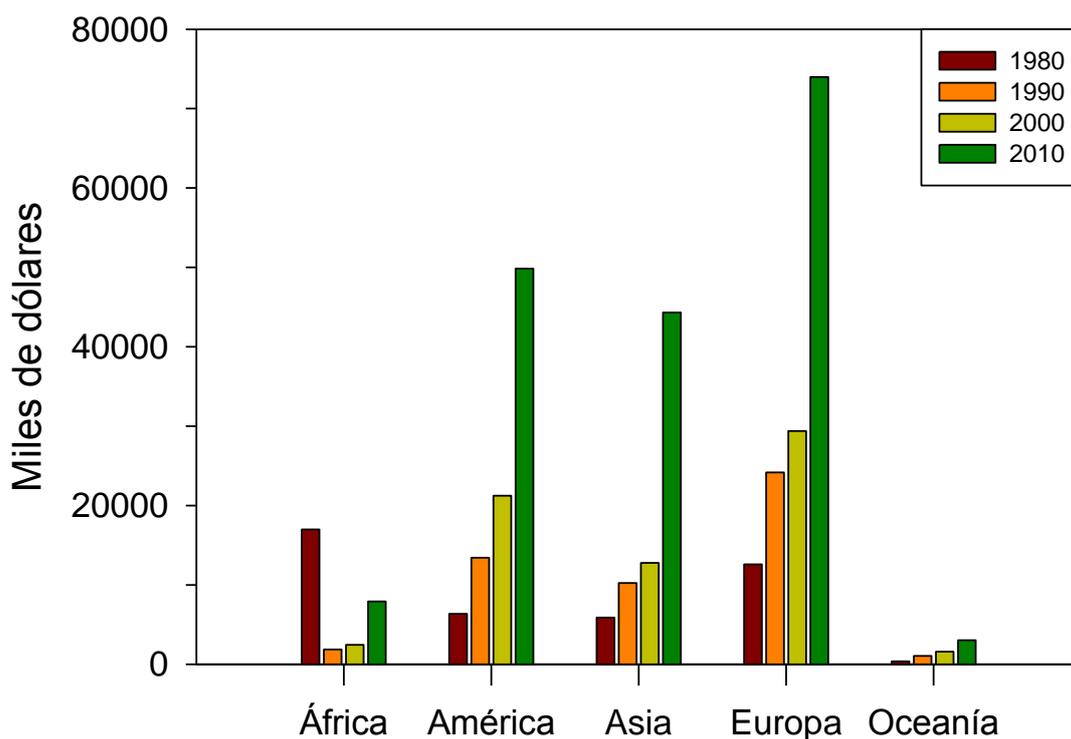


Figura 4.3. Valor de las exportaciones (miles de dólares) de frutas y hortalizas (FAOSTAT, 2014).

La superficie cosechada de frutas y hortalizas ha mantenido un crecimiento constante en los últimos 32 años. La tasa de crecimiento anual entre 1980 y 2012 fue de 2.09 %, mientras que la superficie agrícola mundial creció 12.97 % (FAOSTAT, 2014). Lo que quiere decir que en el año 1980 la participación de las frutas y hortalizas en la superficie agrícola mundial fue de 2.57 % y, hacia el año 2013 representó 4.38 % (FAOSTAT, 2014).

De acuerdo con las estadísticas, México se encuentra entre los principales países productores de hortalizas, de ellos destaca China con la superficie mayor cosechada y volumen mayor de producción, y es seguido por India. Los registros más recientes de la FAO, publicados en el año 2011 ubican a México en el lugar número 12 por la superficie cosechada y número 10 por la producción, con 673 152 ha y 11 965 243 t (Figuras 4.4 y 4.5).

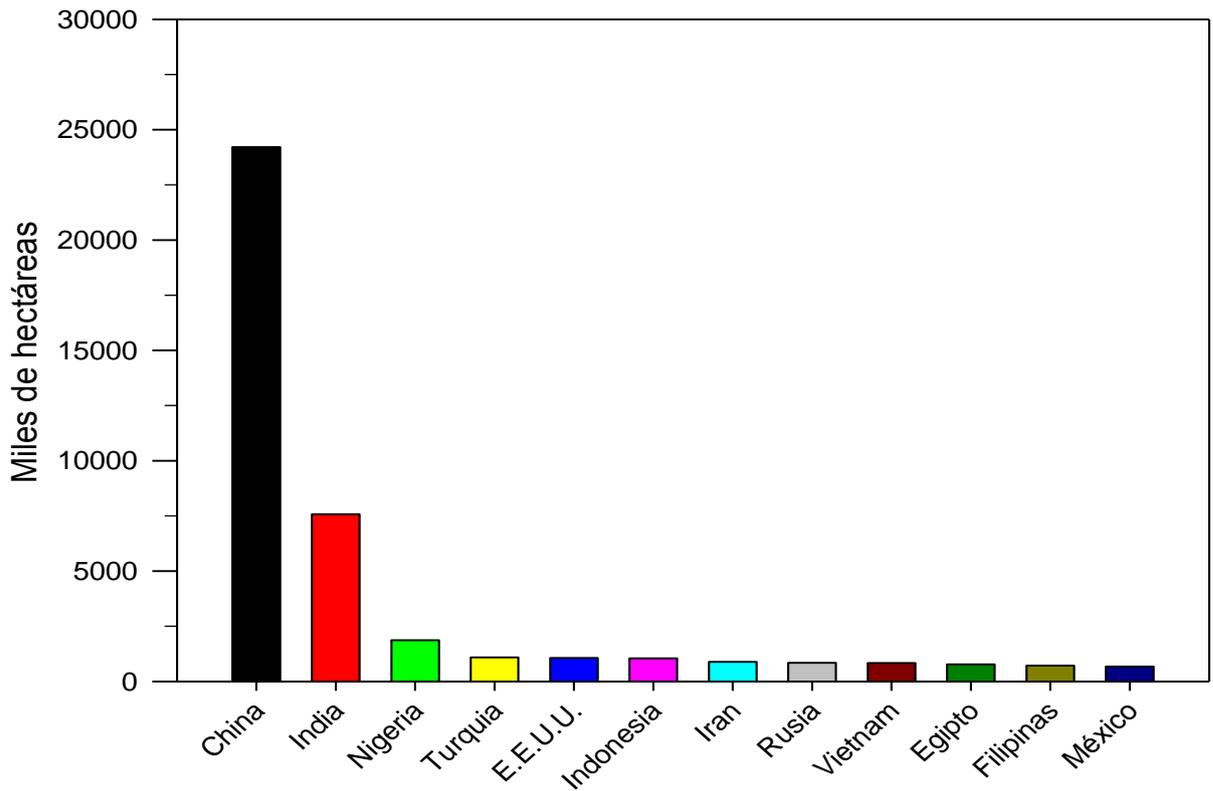


Figura 4.4. Superficie cosechada de los principales países productores de hortalizas en el año 2011 (FAOSTAT, 2014).

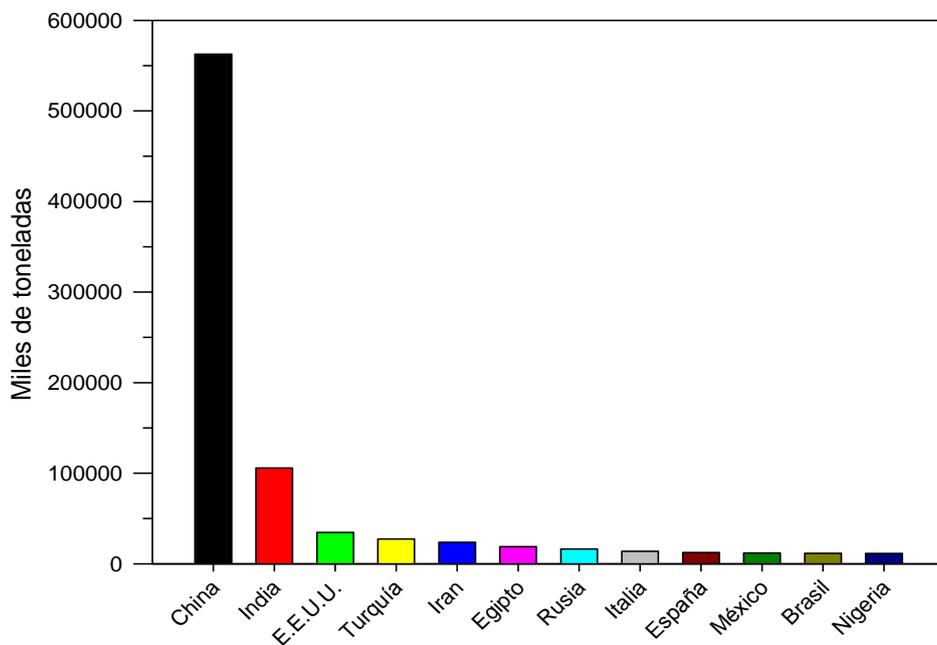


Figura 4.5. Volumen de producción de hortalizas de los principales países en el año 2011 (FAOSTAT, 2014).

4.5.3. Destino de la producción de hortalizas

Entre los países de América Latina, México es el principal exportador de frutas y hortalizas. El proceso de apertura comercial, los numerosos tratados, sus condiciones climáticas favorables y su cercanía con el mercado estadounidense (Macías, 2010) son factores que han influido en el incremento de sus exportaciones durante las últimas décadas. Por lo anterior, esta actividad es una de las más dinámicas de la agricultura nacional (Macías, 2010). Los cambios del comercio internacional agropecuario de México están relacionados con los de la política comercial establecida a partir del periodo de 1989 a 1994, en el que el establecimiento de aranceles y cuotas representó un papel estratégico (Puente, 2001). Además, el enfoque hacia la producción de hortalizas es resultado de la implementación de políticas agrícolas correspondientes a modelos económicos establecidos en cada periodo.

El flujo de las exportaciones mexicanas ha mantenido una tendencia positiva respecto a su valor y ha incrementado más del doble en cada década desde el año 1980 (FAOSTAT, 2014) (Figura 4.6).

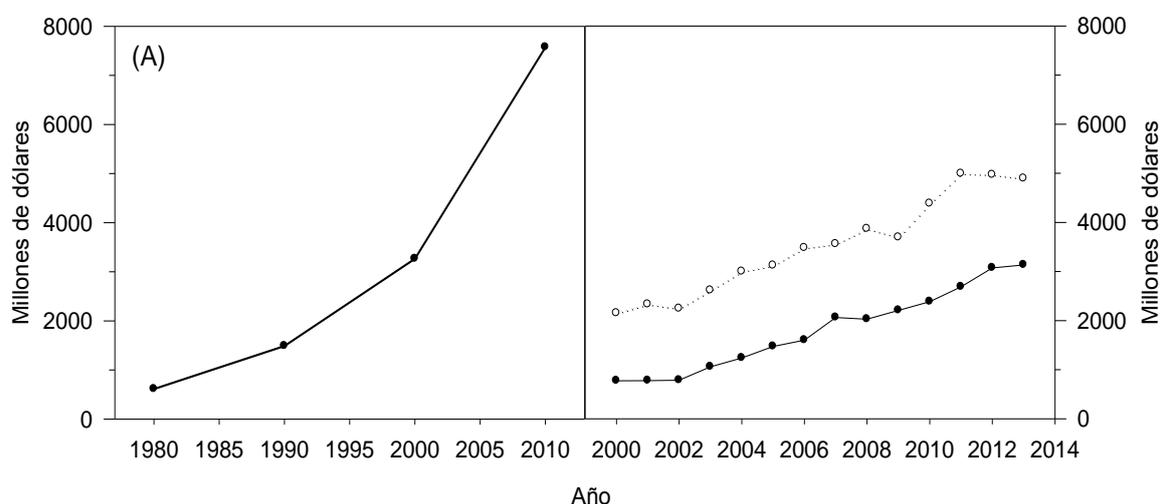


Figura 4.6. Valor de las exportaciones de productos hortofrutícolas de México a partir de 1980 (A), y desglosados en frutas (círculos negros) y hortalizas (círculos blancos) a partir del año 2000 (B) (FAOSTAT, 2014).

Los cambios y el incremento notable en el valor de las exportaciones mexicanas a partir del año 1994 están ligados al contexto nuevo de la política comercial, con el tratado que se implementó a partir de ese año. México se ubica como el primer proveedor de productos agropecuarios importados por E.E.U.U. debido a la apertura comercial y de las pautas establecidas en el marco del TLCAN (Ruiz-Funes, 2005).

Sin embargo, el comercio internacional de hortalizas de México se concentra en el mercado de E.E.U.U., al que se destina 96 % de las exportaciones (Ayala *et al.*, 2012). De acuerdo con Rubio (2001) los cultivos con mayor valor agregado fueron beneficiados con el modelo de importaciones implementado a partir de 1980, lo que relegó a los cultivos básicos.

Las exportaciones de hortalizas mexicanas mantienen una balanza comercial positiva, los datos de la FAO indican que el volumen exportado fue 4.1 veces mayor que el importado desde el año 1960 hasta 2010 (FAOSTAT, 2014). Sin embargo, su participación en el mercado internacional disminuyó de 32 a 18 % durante el periodo 1993 a 2010 (Ayala *et al.*, 2012).

De acuerdo con Mestiza y Escalante (2003) las exportaciones hortofrutícolas mexicanas se caracterizan por reaccionar a la producción interna de E.E.U.U. y ya no responden a la estacionalidad del mercado de invierno, por abastecer el mercado en cualquier época del año.

4.5.4. Tendencias de la producción de nopalito

La superficie cosechada de las principales hortalizas ha mantenido una tendencia positiva en la mayoría de los cultivos, con algunas excepciones. Específicamente, la superficie cosechada con nopalitos incrementó más del doble (de 5 269 a 12 105 ha) entre los años 1990 y 2012. Así, en el año 1990, la superficie cosechada con nopal ocupaba el lugar número 14 entre las hortalizas y el año 2010 pasó al lugar número 10. Por esto, los nopalitos se ubican dentro de las 15 hortalizas principales producidas en México. La superficie cosechada del nopalito se ha

mantenido encima de cultivos como el haba verde (*Vicia faba* L.) a partir del año 2000 y que disminuyó 1 % en el año 2012 (Cuadro 4.4).

La hortaliza más importante por superficie cosechada es el chile verde (*Capsicum annum* L.) y el tomate rojo (*Solanum lycopersicum* Mill.); pero, este último ha ido disminuyendo a partir del año 1995, con una caída drástica hasta el año 2012. (Cuadro 4.4).

Cuadro 4.4. Superficie cosechada (ha) de las principales hortalizas en México (SAGARPA-SIAP, 2014).

Cultivo	1990	1995	2000	2005	2010	2012
Chile verde	97 284	113 173	145 674	150 735	143 975	136 132
Tomate rojo	81 545	75 739	74 629	71 086	52 089	55 237
Papa	81 245	63 516	67 965	62 956	55 359	67 200
Cebolla	49 818	39 758	48 637	46 446	44 836	42 591
Melón	40 417	28 960	28 005	22 086	21 410	20 172
Sandia	29 705	30 816	46 139	41 965	44 040	37 523
Tomate verde	23 579	29 183	49 946	47 594	46 197	41 414
Elote	18 038	21 497	30 645	70 114	54 394	60 985
Calabacita	16 598	26 289	30 104	29 044	27 002	25 957
Pepino	15 516	14 111	17 475	17 995	15 653	15 307
Brócoli	14 381	12 158	21 000	21 879	22 446	23 599
Zanahoria	8 127	8 465	16 176	14 052	14 030	12 733
Haba verde	6 114	8 748	8 557	9 518	9 814	11 158
Lechuga	5 917	6 756	9 350	12 892	16 416	16 195
Nopalitos	5 269	6 354	8 568	10 613	12 201	12 105

El nopalito ocupó en el año 1990 el lugar número 14 por valor de la producción, con 4 892 miles de dólares, y ascendió en el tiempo el año 2012, al lugar número 12 con 103 990 miles de dólares. Así, el nopalito superó a la lechuga, elote, zanahoria y haba verde (Cuadro 4.5).

Cuadro 4.5. Valor de la producción (miles de dólares) de las principales hortalizas en México (SIAP, 2014).

Cultivo	1990	1995	2000	2005	2010	2012
Chile verde	79,676	186,661	544,751	731,404	981,797	986,223
Tomate rojo	109,250	190,366	594,078	736,026	1,105,206	975,975
Papa	56,179	166,925	401,027	560,588	862,810	792,801
Cebolla	46,078	63,717	139,176	282,441	393,022	313,147
Melón	24,905	37,515	95,445	128,125	136,920	169,672
Sandía	17,660	32,579	89,861	100,500	198,646	183,329
Tomate verde	16,577	39,382	130,914	179,293	188,008	181,195
Pepino	12,475	20,624	55,798	92,388	149,230	179,765
Calabacita	11,962	38,556	80,446	104,031	136,301	150,201
Zanahoria	8,428	12,452	39,597	44,746	64,447	56,738
Brócoli	9,335	13,834	45,101	71,050	87,656	123,422
Elote	5,656	11,234	25,569	64,957	84,961	123,053
Lechuga	5,012	9,239	27,917	39,789	68,943	71,327
-Nopalitos	4,892	22,344	53,462	103,799	124,069	103,990
Haba verde	2,038	4,788	12,799	11,944	19,697	23,466

La producción de nopalito en México presenta diferencias marcadas en sus sistemas de producción, relacionadas con la zona de producción, manejo del cultivo y destino de la producción. No todos los productores cuentan con recursos para implementar sistemas de cultivo en microtúneles o con sistema de riego; sin embargo, los que destinan su producción hacia el mercado internacional utilizan necesariamente este sistema.

La tendencia del sistema de producción en microtúnel es relativamente común en las zonas productoras de Otumba y San Martín de las Pirámides, Estado de México. Al contrario, en Milpa Alta no es común la producción de nopalito en ese sistema. Al respecto, los productores señalaron que en esta zona cultivan el cv. Milpa Alta y que es relativamente resistente a los cambios climáticos de la zona, por lo que el sistema de microtúnel es innecesario. Otro aspecto relacionado con el uso de microtúneles es que está más enfocado a la producción de cultivos para exportación, y está una de las principales diferencias del manejo de los cultivos destinados al mercado nacional.

Un aspecto que sobresalió en los recorridos en las zonas productoras salvo alguna excepción, fue que los productores que exportan nopalitos no destinan la producción de sus huertas exclusivamente a tal fin, pues también lo comercializan en el mercado nacional. Esto se debe a lo vulnerable del mercado. Esos productores mantienen cuidados y manejo completamente diferentes a las plantaciones que no se dedican a la exportación.

La heterogeneidad entre las huertas se manifiesta como falta de implementación de buenas prácticas agrícolas, con cierto descuido en las plantaciones, uso indiscriminado de agroquímicos, y falta de limpieza en las huertas que producen nopalito exclusivamente para el mercado nacional.

México es el principal productor de nopal. De acuerdo con datos del SIACON (2012), en el año 2012 se registró una producción de 856 543 t, obtenidas de una superficie cultivada de 12 454 ha. El valor de la producción de ese año fue 103 990 245 dólares (Cuadro 4.6).

Cuadro 4.6. Superficie sembrada, cosechada, producción, rendimiento y valor de la producción del nopalito en México entre 1980 y 2012 (SIACON, 2012).

Año	Superficie		Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	PMR (US\$/t*)	Valor producción (dólares*)
	Sembrada (ha)	Cosechada (ha)				
1980	4 123	3 952	92 552	23.42	0.13	11,633
1981	4 177	3 651	70 087	19.20	0.28	19,767
1982	4 247	4 134	83 142	20.11	0.87	72,682
1983	11 990	10 983	278 345	25.34	1.64	457,659
1984	4 175	3 944	94 585	23.98	2.69	254,701
1985	5 176	4 398	93 229	21.20	1.96	182,658
1986	5 776	5 317	156 680	29.47	2.19	343,835
1987	6 079	5 756	198 639	34.51	9.05	1,797,837
1988	6 115	5 315	211 923	39.87	18.55	3,930,771
1989	6 202	4 270	108 309	25.37	22.77	2,466,302
1990	6 809	5 269	176 654	33.53	27.69	4,891,882
1991	6 021	4 438	191 465	43.14	67.06	12,839,148
1992	6 633	6 270	267 385	42.65	45.46	12,156,328
1993	5 678	5 428	222 288	40.95	44.16	9,817,161
1994	5 837	5 582	266 062	47.66	44.97	11,963,935
1995	7 441	6 354	294 711	46.38	75.82	22,343,524
1996	7 726	6 490	311 565	48.01	73.33	22,848,507
1997	6 592	6 160	351 939	57.14	105.68	37,192,646
1998	6 345	6 245	311 694	49.91	146.68	45,718,755
1999	7 327	7 153	318 450	44.52	151.78	48,334,617
2000	8 817	8 568	404 460	47.21	132.18	53,462,007
2001	9 119	8 967	436 222	48.65	174.00	75,901,655
2002	9 668	9 319	415 957	44.63	186.59	77,614,395
2003	9 710	9 579	563 443	58.82	167.70	94,491,849
2004	10 208	10 009	607 674	60.71	145.65	88,506,808
2005	10 930	10 613	759 072	71.52	136.74	103,799,132
2006	11 176	11 074	676 181	61.06	162.86	110,119,990
2007	11 584	11 401	673 559	59.08	152.41	102,658,366
2008	12 018	11 849	683 126	57.65	167.41	114,364,046
2009	11 978	11 747	744 250	63.36	142.93	106,378,690
2010	12 473	12 201	723 815	59.32	171.41	124,069,243
2011	12 645	12 180	777 413	63.83	128.02	99,525,086
2012	12 454	12 105	856 543	70.76	121.41	103,990,245

*Valor expresado en dólares al tipo de cambio del 31 de octubre de 2014 (Banxico, 2014)

La producción de nopalito ha aumentado en las últimas décadas, como resultado del incremento de la superficie sembrada, la superficie cosechada, el rendimiento, el precio medio rural y el valor de la producción (Cuadro 4.6). En el periodo de 1980 a 1990 hubo un incremento de 33 % en la superficie cosechada, 91 % en la producción, y el valor de la producción incrementó 3 114 dólares. En el periodo de 1990 a 2000 el incremento en la superficie cosechada fue 63 %, el de la producción fue 129 % y el valor de la producción fue 48 570 125 dólares mayor. En la siguiente década, la correspondiente a 2000 y 2010 todos estos parámetros continuaron incrementando, la superficie cosechada aumentó 42.40 %, el incremento en la producción fue de 79 % y el valor de la producción aumentó 70 605 751 d (Figura 4.7 y 4.8).

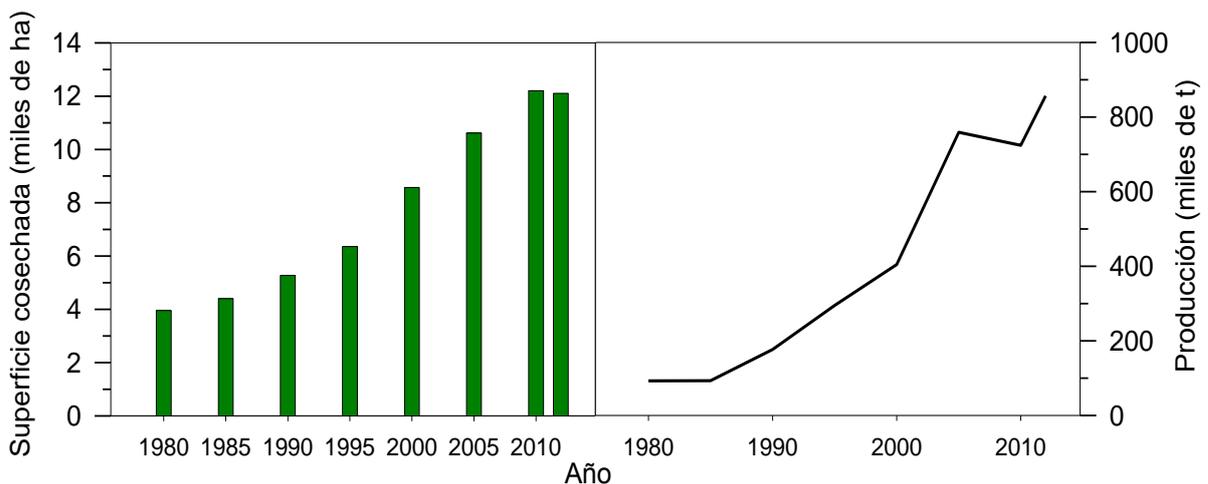


Figura 4.7. Superficie cosechada (miles de ha) y producción (miles de t) de nopalito en el periodo de 1980 a 2012 (SIACON, 2012).

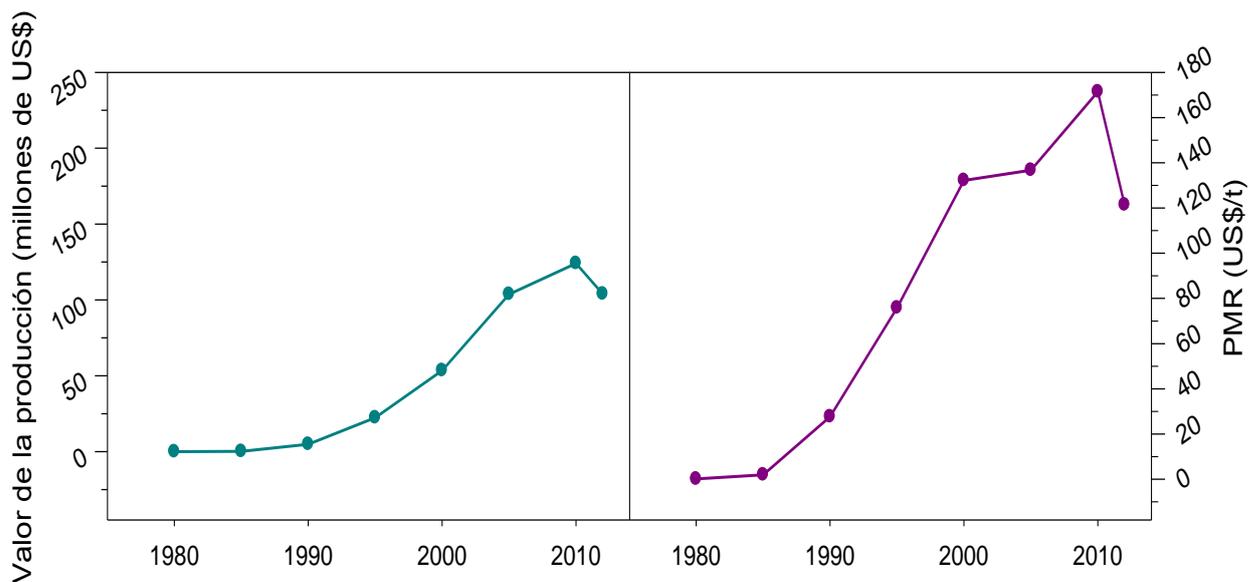


Figura 4.8. Valor de la producción (ha) y producción de nopalito en el periodo de 1980 a 2010 (SIACON, 2012). PMR= precio medio rural.

Durante el año 2012 la superficie sembrada de nopal ocupó 12 454 ha, distribuidas en 26 estados. La superficie mayor, 4 331 ha equivalentes a 34 % del total, correspondió al Distrito Federal, Morelos fue el segundo estado con la superficie mayor (26.1) y Estado de México ocupó el tercer sitio (6.7 %) (Cuadro 4.7).

Cuadro 4.7. Superficie sembrada, rendimiento y producción de nopalito en México durante los años 2005 y 2012. Con riego y en seco (SIAP, 2014). PMR= precio medio rural

Año	Superficie		Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	PMR (US\$/t*)	Valor Producción (Miles de dólares*)
	Sembrada (ha)	Cosechada (ha)				
2012	12 453	12 104	856 542	70.76	121	103 990
2011	12 645	12 180	777 413	63.83	128	99 525
2010	12 473	12 201	723 815	59.32	171	124 069
2009	11 978	11 747	744 250	63.36	143	106 379
2008	12 018	11 849	683 126	57.65	167	114 364
2007	11 584	11 401	673 559	59.08	152	102 658
2006	11 176	11 074	676 181	61.06	163	110 120
2005	10 930	10 613	759 072	71.52	137	103 799

*Valor expresado en dólares al tipo de cambio del 31 de octubre de 2014 (Banxico, 2014)

Los estados donde se producen los nopalitos también han incrementado. En el año 1980 sólo estaban registradas tres entidades, Michoacán, Guanajuato y Distrito Federal (D.F.), esta última se ha caracterizado por liderar la producción de nopalito, debido a que la región más productora de nopalito, la delegación Milpa Alta, se localiza en el D.F. En el año 1985 el cultivo de nopalitos se amplió al Estado de México, Baja California, San Luis Potosí, Guanajuato y Aguascalientes. El incremento continuó, y desde el año 1995 se han mantenido 11 estados con una producción estable de nopal; de ellos, en el Distrito Federal, Morelos y el Estado de México se produce 68 % del total nacional (Cuadro 4.8).

Cuadro 4.8. Superficie sembrada (ha) con nopalito en los principales estados productores en el periodo de 1980 a 2012 (SIAP, 2014).

	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2012
Distrito Federal	3 150	3 380	3 499	4 057	4 159	4 336	4 337	4 331
Morelos			2	305	1 459	2 518	3 255	3 256
Edo. de México		97	25	73	736	647	790	834
Tamaulipas				281	317	584	662	640
Baja California		132		169	386	384	609	582
Jalisco			1 729	148	281	474	455	490
San Luis Potosí		737	737	1 127	380	388	436	432
Zacatecas			8	41	159	338	409	336
Michoacán	40			196	278	286	271	298
Guanajuato	88	242		185	182	177	237	259
Aguascalientes		39		38	232	227	207	198
Puebla			317		79	100	148	180

El valor de la producción nacional se incrementó durante el periodo de 1980 a 2010, el más importante se presentó en el periodo de 2000 a 2005, con aumento de 50 337.13 dólares. En contraste, durante el periodo de 2010 a 2012 hubo disminución de 0.9 %, y se debió principalmente a la caída del valor en el Distrito Federal. Los estados con la producción más alta, Distrito Federal, Morelos y Estado de México, también tiene la superficie sembrada mayor. En el año 2005, el valor de la producción en Morelos superó con 5 574.39 dólares al Distrito Federal, en ese año el Estado de México también obtuvo el valor mayor de producción de nopalito. Sin embargo, el Distrito Federal repuntó en este valor en el año 2010, y alcanzó su máximo nivel (Figura 4.9).

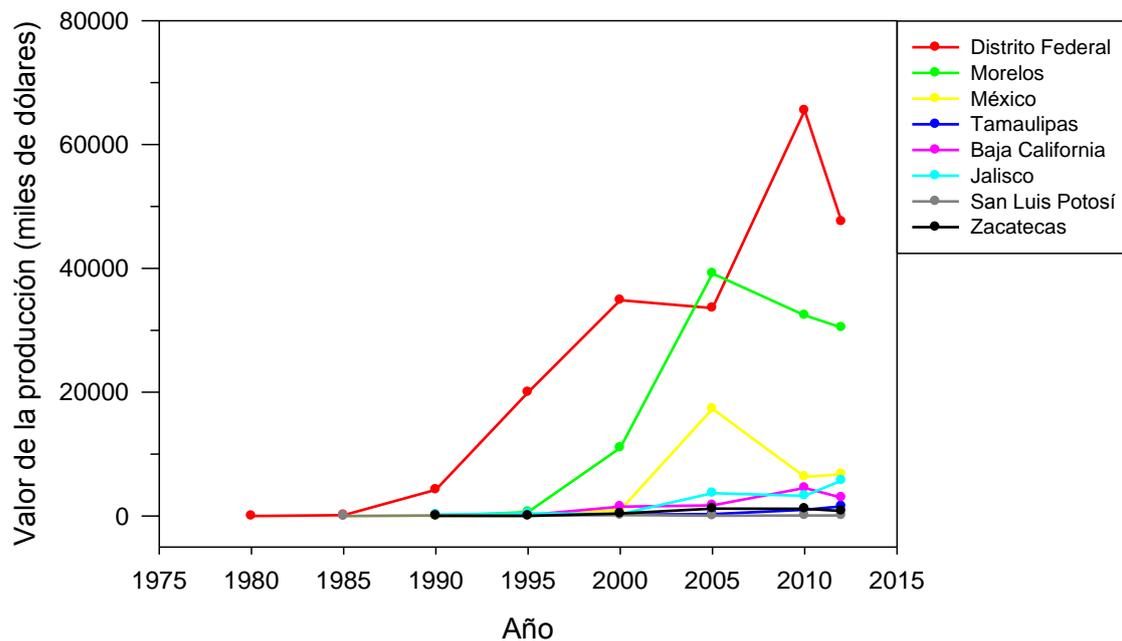


Figura 4.9. Valor de la producción (miles de dólares) en los principales estados productores de nopalito, en el periodo de 1980 a 2012 (SIAP, 2014).

La producción de nopalito no es constante durante el año debido a los requerimientos del cultivo. La oferta mayor se presenta entre marzo y julio, durante agosto y septiembre se mantiene sin variación y disminuye entre octubre y febrero. Estos cambios en la oferta afectan el precio y ocasionan fluctuaciones durante el año, las que actúan en sentido inverso a la producción; así, los precios más altos se dan durante la época en la que la producción disminuye, entre octubre y febrero. La producción mensual menor fue en enero, y representó 2.12 % de todo el año, y la producción mayor se obtuvo en abril y representó 13.29 %. El precio menor en la Central de Abastos Iztapalapa del D.F. fue de 28 pesos por un ciento de nopalitos y el mayor fue 85 pesos, en diciembre (Figura 4.10).

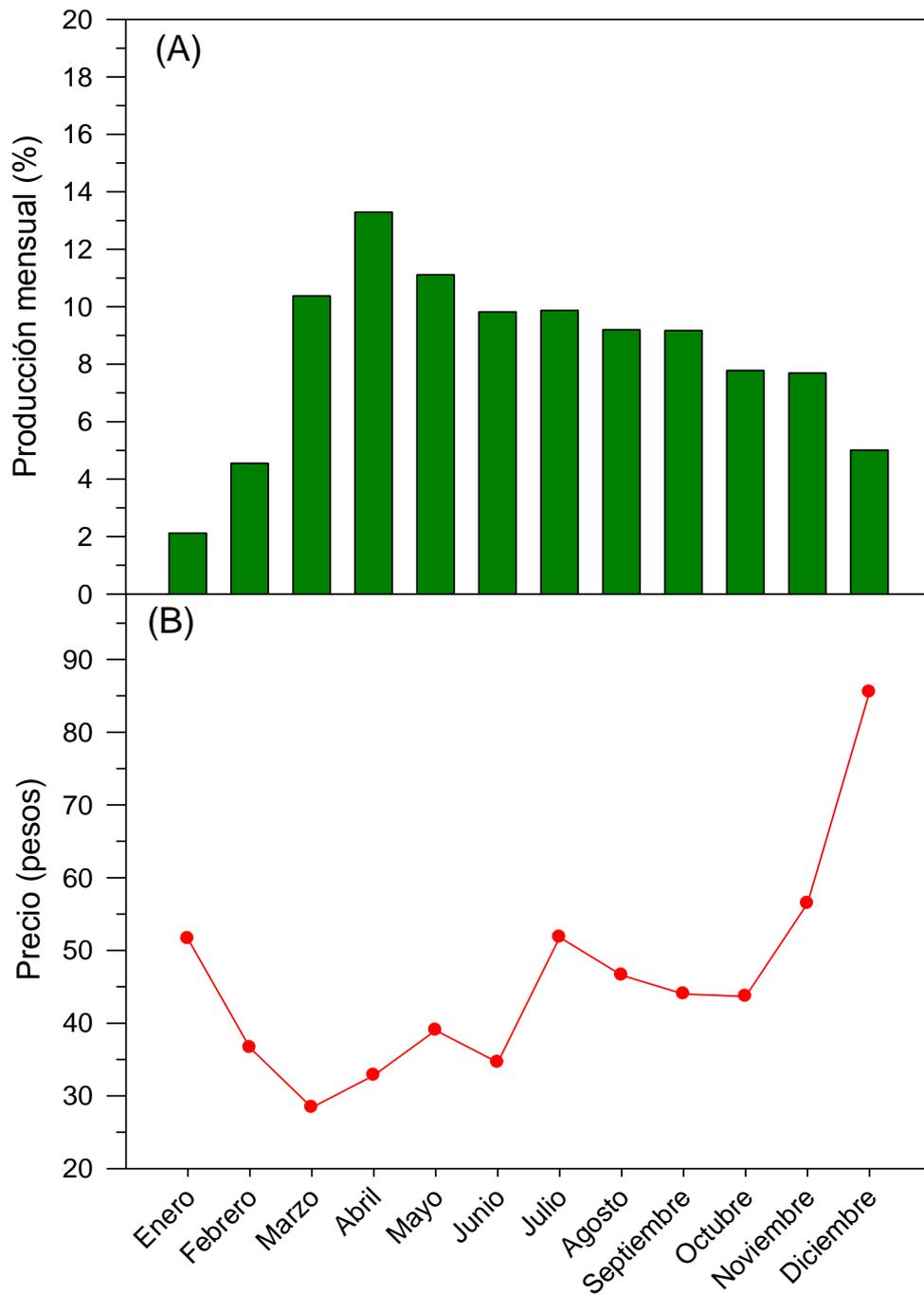


Figura 4.10. Estacionalidad de la producción de nopalito, producción expresada en porcentaje mensual (A) y, precio promedio mensual (por cada 100 nopalitos) en la Central de Abastos de Iztapalapa, D.F. (B), durante el año 2012 (SIAP, 2012; SNIIM, 2012).

4.5.5. Tendencias de producción de nopalitas en el la delegación Milpa Alta, D.F., Otumba y San Martín de las Pirámides, Estado de México

En el Distrito Federal la superficie con producción de nopal es 2 104.38 ha. La delegación, Milpa Alta destaca por tener el mayor número de hectáreas en producción de nopal, con 1 616.23 que representa 76.8 % del total de la entidad o 97.4 % de la superficie plantada destinada al nopal de la demarcación (INEGI, 2007 c). En esta delegación el rendimiento de la producción de nopal es de 58.33 t en promedio por hectárea, y se cosechan 94 271.30 t.

El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2014) indica que el Distrito Federal es la entidad con producción mayor de nopal, pero los datos del VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal (INEGI, 2007 c) señalan que esa entidad federativa es la segunda en importancia del país, que se dedica a la plantación del nopal, con 2 104.38 ha sembradas y cosechadas de 124 721.78 t. Así, la delegación Milpa Alta es la más importante del D.F. al abarcar el mayor número de hectáreas plantadas de nopal, con poco más de las tres cuartas partes (77.2%) del total del D.F. Este censo también indica que por entidad federativa solamente es superada por el Estado de México.

En la región nopalera del Distrito Federal poco nopalito se cultiva con riego, apenas 0.6 %, y el cultivo en seco es el que prevalece en la región; es decir, 99.4 % del área agrícola el nopal se cultiva exclusivamente con agua de lluvia, En la demarcación Milpa Alta la lluvia favorece el desarrollo de los cultivos en una extensión de tierra de 2 226.26 ha (77.2 % de las 2 886.75 ha del total de la entidad), le sigue la delegación Tláhuac con 595.66 ha (20.6 %).

El Estado de México desde el año 2000 es el tercer productor más importante de nopalito en el país, la superficie destinada al cultivo ha incrementado constantemente. Su producción ha aumentado en pocas décadas, pues en el año 1980 no figuraba en las estadísticas, en 1985 la superficie sembrada fue únicamente 97 ha, a partir del año 2000 ya era el tercer productor (Cuadro 4.9).

En el Estado de México la producción de nopal genera más de 65 000 empleos directos en todo su proceso productivo (SAGARPA, 2013). El cultivo de nopal, y la producción nopalitos, tunas dulces y xoconostles, también conocido como tunas ácidas, predomina en los municipios de San Martín de las Pirámides, Axapusco, Otumba, Nopaltepec, San Juan Teotihuacan, Temascalapa, Acolman y Tizayuca. La superficie con riego sembrada con nopal en esta zona es de 538 ha, con una producción anual programada de 65 660 t de nopalito, y la superficie sembrada en condiciones de secano es de 15 786 ha, con una producción anual programada de 179 685 t (SAGARPA, 2013).

El plan rector del sistema producto nopal Estado de México señala que para el cultivo de nopalito aún se carece de tecnología adecuada, que la mayoría se cultiva en condiciones de secano y no se ha establecido un manejo adecuado de plagas y enfermedades (Plan Rector del Sistema Producto Nopal en el Estado de México, 2012).

Cuadro 4.9. Superficie sembrada, rendimiento y producción de nopalito en el Estado de México entre 2005 y 2012 con riego y en secano (SIAP, 2014). PMR= precio medio rural. *Valor en dólares al tipo de cambio del 31 de octubre 2014

Año	Superficie		Producción	Rendimiento	PMR	Valor
	Sembrada (ha)	Cosechada (ha)	(t)	(t/ha)	(US\$/t*)	Producción (Miles de dólares*)
2000	736	607	14 144	23	68	960
2001	626	626	14 464	23	73	1 051
2002	785	612	24 585	40	80	1 974
2003	595	595	108 644	182	150	16 350
2004	623	623	82 007	131	137	11 204
2005	647	647	105 717	163	164	17 321
2006	666	666	88 547	133	152	13 496
2007	676	676	36 606	54	182	6 652
2008	734	734	52 189	71	204	10 663
2009	736	735	51 697	70	142	7 338
2010	790	790	58 827	74	108	6 336
2011	783	783	64 438	82	119	7 656
2012	833	822	81 344	98	83	6 759

En el municipio de Otumba, el nopal para producción de nopalito y tuna es el cultivo con mayor producción y ambos son los más importantes del municipio (Figura 4.11).

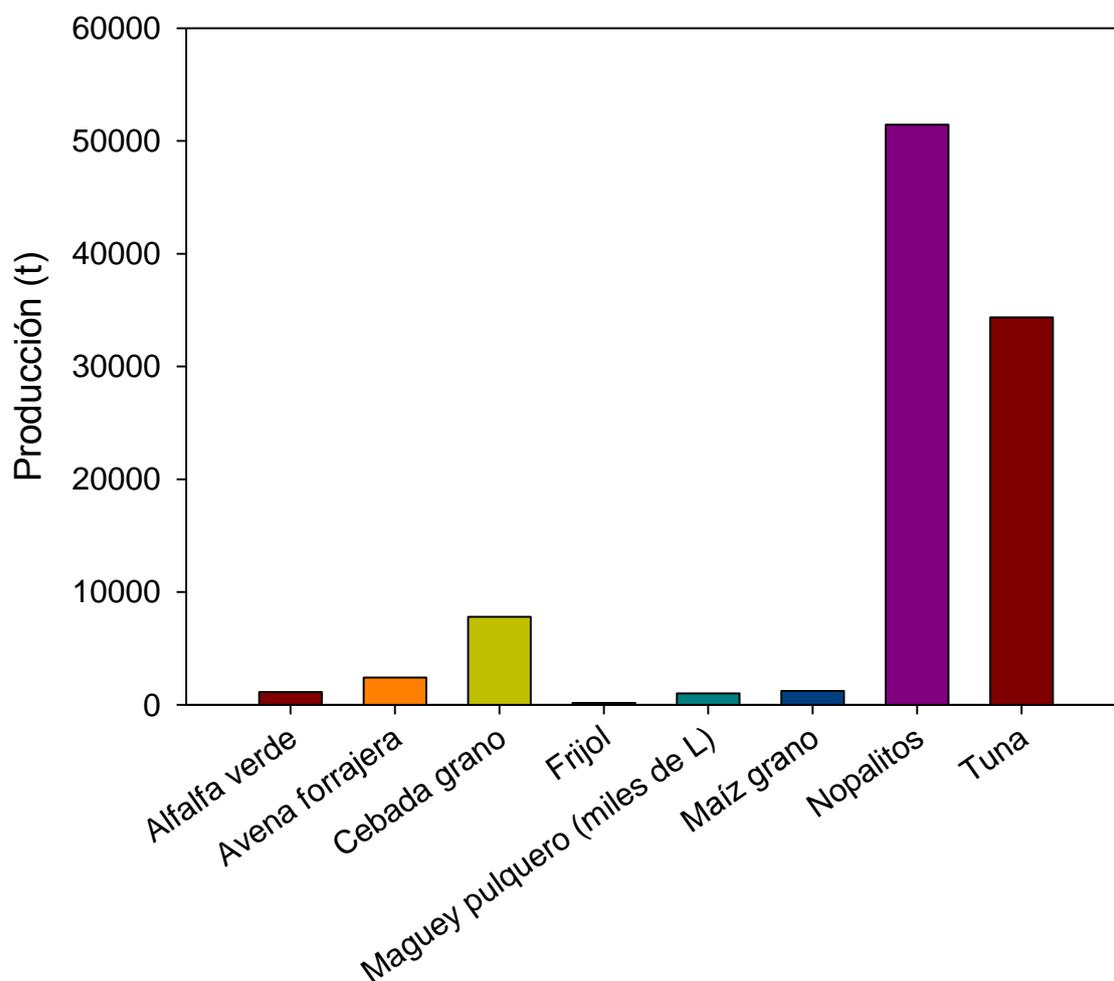


Figura 4.11. Principales cultivos producidos en el municipio de Otumba, Estado de México (SIAP, 2014).

Sin embargo, la producción de nopalito ha tenido a disminuir 41 % durante el periodo 2005 a 2012. Esto probablemente se debe a la caída del precio medio rural y del valor de la producción, en el mismo periodo (Cuadro 4.10).

Cuadro 4.10. Superficie sembrada, rendimiento y producción de nopalito en Otumba, Estado de México, durante el periodo de 2005 y 2012, con riego y en seco (SIAP, 2014). PMR= precio medio rural.

Año	Superficie		Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	PMR (US\$/t*)	Valor Producción (Miles de dólares*)
	Sembrada (ha)	Cosechada (ha)				
2005	459	459	88 341	192	163	14 376
2006	459	459	73 200	159	148	10 869
2007	440	440	26 754	60	164	4 379
2008	440	440	38 940	88	193	7 504
2009	440	440	38 880	88	126	4 899
2010	440	440	41 399	94	89	3 680
2011	440	440	44 640	101	82	3 640
2012	440	440	51 446	116	70	3 618

*Valor expresado en dólares al tipo de cambio del 31 de octubre de 2014 (Banxico, 2014)

Otro municipio del Estado de México donde se concentra la producción de nopalito es San Martín de las Pirámides, este municipio es reconocido por dedicarse al cultivo de nopal para la producción de tuna y nopalito, productos hortofrutícolas más importantes de la región (Figura 4.12).

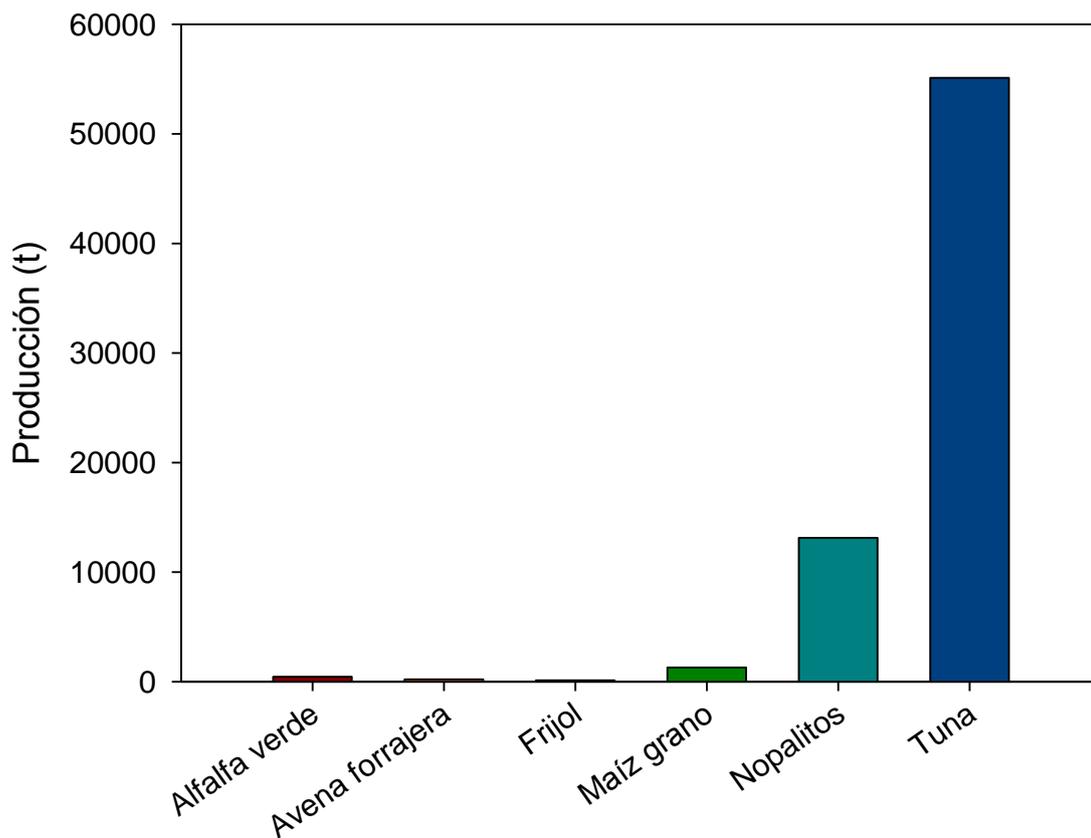


Figura 4.12. Principales cultivos producidos en el municipio de San Martín de las Pirámides, Estado de México (SIAP, 2014).

La producción de nopalito en este municipio incrementó 25 % entre 2005 y 2012; este incremento ha ido acompañado del aumento de la superficie sembrada y de la cosechada, las que en el mismo periodo incrementaron 91 y 33 % (Cuadro 4.11).

Cuadro 4.11. Superficie sembrada, rendimiento y producción de nopalito en San Martín de las Pirámides, Estado de México, en el periodo de 2005 y 2012, con riego y en seco (SIAP, 2014).PMR= precio medio rural.

Año	Superficie		Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	PMR (US\$/t*)	Valor Producción (Miles de dólares*)
	Sembrada (ha)	Cosechada (ha)				
2005	53	53	10 494	198	163	1 714
2006	53	53	8 420	159	148	1 250
2007	90	90	5 670	63	163	926
2008	90	90	7 650	85	193	1 477
2009	90	90	7 200	80	126	909
2010	90	90	9 508	106	89	847
2011	90	90	9 900	110	82	808
2012	101	101	13 130	130	70	923

4.5.6. Destino de la producción de nopalitos de la delegación Milpa Alta y San Martín de las Pirámides

La información de 19 fuentes oficiales, nacionales e internacionales, con información relacionada con las tendencias de producción y exportación de nopalitos permitió el análisis y discusión de los apartados previos; sin embargo, la información referente al destino de la producción y principalmente de las exportaciones de los nopalitos fue notablemente escasa.

La ausencia de esa información se debe a que en todas las fuentes de información oficiales los registros se rigen bajo una clasificación arancelaria para cada producto codificado, dentro del sistema armonizado, y el nopal no cuenta con una fracción arancelaria que lo clasifique dentro de este sistema (DOF, 2007).

De acuerdo con la Organización Mundial de Comercio (OMC, 2014) el sistema armonizado es la nomenclatura internacional establecida por la Organización Mundial de Aduanas, basada en una clasificación de las mercancías conforme a un sistema de códigos de seis dígitos aceptado por todos los países participantes.

Éstos pueden establecer sus propias subclasificaciones, de más de seis dígitos, con fines arancelarios o de otra clase. La ausencia del nopalito en el sistema armonizado podría deberse a que su exportación está aún restringida a únicamente algunos países.

Sin embargo, puede asegurarse que la producción de nopalito cultivado en el Distrito Federal y el Estado de México tiene como destino final el consumo en el mercado nacional e internacional (INEGI, 2007 c).

Mercado nacional

Las cifras del VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal indican que de las 124 721.8 t cosechadas de nopal en 2007, la mayor parte se destinó a la región centro de México, y una cantidad menor al resto del territorio nacional y al mercado internacional. Debe indicarse que la región centro incluye la zona metropolitana del Valle de México, que está integrada por 16 delegaciones del Distrito Federal, un municipio del estado de Hidalgo y 59 municipios del Estado de México; la población de esta zona metropolitana consume nopalitos frescos principalmente.

Se ha señalado la relación entre los ingresos de la población y el consumo de nopalito, los principales consumidores son "las clases media y baja, esto refleja el hecho de que la mayor venta de producto se realiza en mercados municipales, tianguis, banquetas y comercios de acceso popular, mientras que en tiendas de autoservicio de las grandes cadenas comerciales, los volúmenes son marginales" (SAGARPA, 2001). Actualmente, Walmart, Soriana, Aurrerá, y Comercial Mexicana, son las principales tiendas departamentales que compran al productor los nopalitos desespinaados y los venden al consumidor final (INEGI, 2007 a).

De acuerdo con la información del INIFAP (2010), la demanda interna y consumo regional anual se divide en la siguiente forma:

- Norte: 129 361 t (5.3 kg per cápita).
- Occidente: 75 873 t (5.9 kg per cápita).

- Centro: 294 940 t (6.7 kg per cápita).

- Región Sur: 88 389 t (3.6 kg per cápita).

La demanda de nopal en México es homogénea durante todo el año, pero incrementa durante la cuaresma y las fiestas de fin de año.

Mercado internacional

Los datos del censo (INEGI, 2007 c) señalan que de las siete delegaciones que declaran cultivos de nopalito en el Distrito Federal, únicamente Milpa Alta destina parte de su producción al extranjero, específicamente a EE.UU. (60 %), Japón (20 %) y China (20 %) (INEGI, 2007 a). El mercado de EE.UU. que consume nopalitos está formado por el gran número de habitantes de origen mexicano que vive en ese país. La comercialización en EE.UU. se realiza principalmente en los estados de California, Texas y la ciudad de Chicago, ya que son los lugares con porcentaje alto de mexicanos. Además, los mercados de Alemania, Canadá, España y Japón consumen nopalito principalmente procesado, en salmuera y en escabeche (INEGI, 2007 a).

Para complementar la información se realizó una búsqueda de empresas dedicadas a la exportación de nopalito, fresco o procesado, y sus subproductos.

Los directivos de esas empresas (Cuadro 4.12) fueron contactados para solicitar la información. Ahora, la información del Cuadro 4.12 puede utilizarse como un directorio de exportadores de nopalito en México y sirve como referente de la importancia del nopalito en el mercado de exterior.

Cuadro 4.12. Directorio de empresas exportadoras de nopal.

EMPRESA	PRODUCTOS	DESTINO EXPORTACIONES	DIRECCIÓN	CONTACTO
Grupo Nopaleño del Bajío S.P.R. de L.R. (Nopalzin)	Nopal deshidratado, nopal fresco, nopal en salmuera, nopal orgánico, tuna	E.E.U.U España Corea del Sur Corea del Norte Canadá Alemania	Km 0.150 Carr. libre a Guanajuato, Silao, 36280, Guanajuato	www.nopalzin.com (462) 124-07 14 (462) 124-07 12
Comercializadora mexicana de legumbres	Remolacha, chayote, cilantro, chile habanero, nopal, cebolla, papaya, chile poblano, rábano, espinaca, calabacín	E.E.U.U Canadá	Libramiento a Jalapa Km. 10.05, Acatzingo, Acatzingo, 75150, Puebla	www.comelesa.com.mx/ (249) 424-11 88
Francisco Javier González López (Naturama)	Brócoli, coliflor, ajo, nopal deshidratado, nopal, nopal en salmuera, nopal en polvo	Unión Europea E.E.U.U. Asia	Jardín de la Estación 904, Jardines de las Fuentes, Aguascalientes, 20290, Aguascalientes	(449) 155-57 66 (449) 978-56 69
Agricultores latinos "Agrolatin"	Plátano, jicama, nopal, tuna	E.E.U.U.	Isauro Acosta 22, Murillo Vidal, Xalapa, Xalapa, 93680, Veracruz	www.agrolatin.com (228) 817-97 16 (228) 841 42 00
Lorenzo Yano Bretón (Rancho Xonecuila)	Brócoli, zanahoria, col, nopal	E.E.U.U.	Carretera México Veracruz desviación Altzayanca, Huamantla, Huamantla, 90500, Tlaxcala	(276) 474-40 03 (276) 474-40 04
Ismael Rivera Ramírez (Productos Azteca)	Nopal, nopal en salmuera, nopal en escabeche	E.E.U.U.	Xolotl 63, San Pedro Atocpan, México, Milpa Alta, 12200, Distrito Federal	www.nopales.com.mx (55) 58 44-25 0801 800-700 30 85
Comercializadora Hounda	Nopal, tuna	Japón E.E.U.U.	Zaragoza, Pueblo de Ilera de Canales, Tamaulipas, , 87200, Tamaulipas	(81) 12 34-46 55 (81) 83 59-50 46
Natural Elite	Nopal, tuna	E.E.U.U.	Av. Lázaro Cárdenas 2305 Int. 14, Las Torres, Guadalajara, Guadalajara, 44920, Jalisco	(33) 11 36-53 77 (33) 31 61-73 74
Cactáceas del altiplano	Nopal, tuna	E.E.U.U.	Jerónimo Mascorro 895, El Paseo, San Luis Potosí, San Luis Potosí, 78320, San	(444) 822-02 40 (444) 822-04 01

Agroproductores la flor de Villanueva	Nopal, tuna	E.E.U.U.	Luis Potosí Nuevo León 3, San Sebastián Villanueva, Acatzingo, 75150, Puebla	www.laflordevillanueva.com/ (249) 428-00 44 (222) 444-51 71
Comercializadora Nopalitoz	Aloe Vera, nopal, nopal en salmuera, nopal en polvo	E.E.U.U.	Sierra de San Carlos 632, Fraccionamiento Villareal, Cd. Victoria, 87027, Tamaulipas	www.nopalitoz.com (81) 83 59-50 46 (834) 316-89 66
Nopalux	Nopal	E.E.U.U.	Venustiano Carranza S/N, San Antonio Huexotitla, Tlaxco, 90250, Tlaxcala	(55) 56 31-52 66 (55) 21 52-81 81
Agro Veracruz produce	Hoja de plátano, chayote, cilantro, epazote, cebolla, tomate de cáscara, nopal	E.E.U.U. Canadá	Av. 5 Esq. Calle 8, Centro, Córdoba, Córdoba, 94500, Veracruz	(271) 717-95 25 (271) 106-18 37
Empacadora agrícola del centro	Coco, lima mexicana, nopal, limón persa	E.E.U.U.	Av. Aztlan 230, Ciudad del Sol, Zapopan, Zapopan, 45050, Jalisco	(33) 31 21-58 07 (33) 31 21- 56 13
Comercializadora Realiza	Chayote, jalapeño, jicama, nopal, chile serrano	E.E.U.U.	Vía Rápida Poniente 6112, 3ra. Etapa, Tijuana, Tijuana, 22010, Baja California Norte	www.realiza.com.mx (664) 626-26 20 (664) 661-68 43
Productos orgánicos Hacienda San José el Márquez	Nopal, tuna	E.E.U.U.	El Márquez s/n, Xoxoc, Chapatongo, Chapatongo, 42911, Hidalgo	www.xoxoc.com (55) 91 15-36 67
Empacadora de alimentos frescos La joya	Hoja de plátano, chayote, cilantro, cebolla, tomate, nopal, calabaza, calabacín	E.E.U.U.	Privada 49 B Poniente 5113, Fraccionamiento Estrellas del Sur, Puebla, Puebla, 72190, Puebla	www.lajoyaproduce.com.mx (222) 454-84 13 (222) 466-30 97
Comercializadora México Fresco	Nopal, nopal en salmuera	Suiza Francia E.E.U.U. Canadá	Independencia 2, Centro, Axapuxco, Barrio de Axapuxco, 55940, Estado de México	www.mexicofresco.com.mx (592) 922-81 46

Invariablemente los funcionarios de las empresas argumentaron que la reglamentación de cada una impedía revelar la información de la comercialización de sus productos. De estas empresas, se visitó personalmente la denominada “Productos Azteca”, localizada en San Pedro Atocpan, en donde los nopalitos que se procesan provienen de las plantaciones aledañas de Milpa Alta, lo que ha generado que los productores del lugar inclinen sus intereses a proveer de insumos la agroindustria en lugar de la exportación en fresco.

De acuerdo con Callejas-Juárez *et al.* (2009) las exportaciones de nopalito a los Estados Unidos en el año 2000 fueron 11 385 t y en el año 2005 14 293 t, lo que representa un incremento de 128.6 % durante esos 5 años. El incremento se atribuyó al crecimiento de la población latina en los EE.UU.; y que los mercados más importantes son Dallas, San Francisco, Seattle, Boston, Atlanta, Baltimore y Missouri, que reciben el 95 % del total de las importaciones de tuna y nopalito.

De acuerdo con Omar Carpio Flores, presidente del Comité Nacional y Sistema Producto Nopal-Tuna, en el año 2010, el mercado de exportación de nopal y tuna obtuvo ventas por 25 000 t, principalmente en Estados Unidos, Canadá y Chile; esas exportaciones generaron divisas por aproximadamente 100 millones de pesos (PROMEXICO, 2011).

Además de las estadísticas oficiales de INEGI (2007) comentadas previamente, algunas fuentes periodísticas en línea reportan los siguientes datos de exportaciones de nopal y tuna. Puebla exportó 7 200 t a Estados Unidos, a las ciudades de Los Ángeles, Chicago, Detroit, Nueva York, Mc Allen, 500 t a Canadá (Toronto y Montreal), 300 t a Europa (Alemania, Holanda, Bélgica, Francia e Italia) y 100 a Sudamérica (Chile) (Urbe Económica, 2011).

En la Revista Contenido (2012) se publicó que los productores de la región de Axapusco exportan nopal a Estados Unidos, Europa y Japón a través de la comercializadora “México Fresco”. De acuerdo con el diario Vanguardia (2013) investigadores de la Universidad Agraria Antonio Narro proponen difundir las propiedades del nopal en países africanos.

El diario Expreso reportó que una asociación de productores de Milpa Alta exporta 20 t semanales a California. La delegación Milpa Alta exporta alrededor de 1 650 t de nopal fresco y 4 000 t procesadas a Estados Unidos (Excelsior, 2013; HabitatMx, 2013).

Por otra parte, con los datos obtenidos en campo, directamente de los productores de Otumba, se estima que 147 456 kg mensuales de nopalito fresco, con espinas, son exportados a EE.UU.

De acuerdo con información del Consejo de Promoción del Nopal y Tuna el nopal fresco se lleva de las zonas productoras a muchas zonas del norte para darle un procesamiento mínimo y empacarlo, o solamente empacarlo para la distribución en las zonas fronterizas con EE.UU. y en el año 2005 aproximadamente 3 % de la producción nacional se destinó a procesos industriales (25 mil t de nopal).

Según el Plan Rector Sistema Producto Nacional Nopal (2004) el consumo de nopal se reparte en la siguiente forma:

Local	Nacional	Internacional	Industria
295 904 t	33 625 t	3.65 t	6 919 t
681,231 (Miles \$)	10,720(Miles US\$)	1.18 (Miles US\$)	1,182 (Miles US\$)

*Valor expresado en dólares al tipo de cambio del 31 de octubre de 2014 (Banxico, 2014)

De acuerdo con esta información, la mayor parte de la producción se destina a los mercados regionales de las zonas de producción, mientras que aproximadamente 2 % es utilizado para la agroindustria y sólo un porcentaje extremadamente pequeño (0.01 %) es destinado para la exportación.

4.5.7. Panorama general de la producción de nopalito en Cuatlacingo, Otumba y San Martín de las Pirámides

- Productores que no se dedican a la exportación

La aplicación del cuestionario proporcionó los siguientes datos: la variedad que se cultiva en la región es “Atlixco”, los productores no se encuentran organizados en

alguna asociación y cultivan sus huertas individualmente, destinan en promedio 1 ha para cultivar nopalito, en la que se producen alrededor de 27 a 30 t al año.

La cosecha de los nopalitos se realiza con cuchillo cuando la planta es joven o el brote es tierno, cuando la planta madre ya está madura se puede realizar manualmente ya que no hay riesgo de dañarla al “tronchar” el nopalito. En esa región el tiempo productivo de una planta es de 15 años, cada mata dura tres años y luego hay que renovarla.

Las principales limitantes por las cuales no exportan su producto es la falta de organización y unión entre productores, cuando se presenta la oportunidad de exportar o de abastecer una cadena de autoservicio, los productores buscan el acaparamiento para obtener beneficios individuales y no bajo una asociación; además, no tienen un control de la calidad del producto y consideran que los trámites para la exportación son complicados y no quieren involucrarse en papeleos. El mantenimiento de la producción para exportación representa costos que los productores no pueden cubrir y sostienen que no cuentan con apoyos gubernamentales para mejorar su sistema de producción, que implica la utilización de cubiertas plásticas, fumigación a base de productos orgánicos y carecen de fideicomisos que apoyen estas necesidades.

La forma principal en la que los productores de esta región comercializan el nopalito es fresco, con espinas y desespinado, de acuerdo con la preferencia de los consumidores o el lugar de venta; el volumen comercializado es de aproximadamente 5000 nopalitos diarios, los cuales se envían a la Central de Abastos de Iztapalapa, los tianguis aledaños a la región y algunas ocasiones, la venta se realiza directamente en la huerta del productor; algunos productores abastecen compradores de otros estados, como Querétaro.

La mayoría de los productores de la región no están interesados en la industrialización y prefieren la venta del nopalito fresco; aunque, algunos han incursionado en la elaboración de jaleas y enfrentando dificultades en la conservación del producto, que es afectado por el contenido de mucílago,

mientras que otros se han inclinado por la deshidratación de nopal para la elaboración de tortilla.

Las principales formas de comercializar los nopalitos son:

- Cajas de plástico, llamadas “taras” con una capacidad de 200 nopales que equivalen a 30 kg, aproximadamente.
- Pacas con capacidad de 100 a 180 nopales.
- Bolsas plásticas.

Los productores cuentan con estándares de calidad parciales, y la clasificación la realizan de acuerdo con el tamaño, como chico, mediano y grande. Ellos aseguran que el mediano el mejor pagado. Respecto al color, el estándar es el “verde brillante”.

Por otra parte, los productores enfrentan condiciones de sobreproducción y estacionalidad que afectan directamente el precio, que también está relacionado con la presentación, que es como siguiente:

- Con espinas:
 - De enero a junio, 15 pesos el ciento.
 - De noviembre a enero, 70 a 100 pesos el ciento.
- Sin espinas
 - El precio incrementa de 15 a 20 pesos.

- **Productores que se dedican a la exportación**

En las zonas de Otumba y San Martín de las Pirámides se ubicaron dos grupos de productores dedicados a la exportación, PRONACUA y Grupo Agrícola Ixquitlán, y un productor que no pertenece a algún grupo (Sr. José Flavio Álvarez). En esta región el nopal cultivado y nopalito comercializado es del cv. Atlixco. El nopalito se exporta fresco, con espinas. En el caso del grupo PRONACUA, en el periodo en que se realizó la investigación, destinaba parte de su producción al

abastecimiento de empresas exportadoras de nopal industrializado, como México Fresco, en este caso la presentación es fresco sin espinas.

PRONACUA es un grupo de productores de nopalito que combinan el manejo a cielo abierto en primavera-verano y con el sistema de producción en microtúnel durante el otoño-invierno. El grupo está ubicado en Cuautlacingo, en el municipio de Otumba. Se encuentra en proceso de certificación con el sello México Calidad Suprema y el certificado de Buenas Prácticas Agrícolas, otorgado por SENASICA.

El Grupo Agrícola Ixquitlán está conformado por productores de los municipios de San Martín de las Pirámides y Otumba, los productos que comercializa son nopalito, tuna y xoconostle. Este grupo se encuentra certificado desde 2005 en la aplicación de buenas prácticas agrícolas, por el Servicio Nacional de Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA).

El objetivo primordial de las dos asociaciones es ofrecer productos inocuos de primera calidad, su principal preocupación es el combate de plagas mediante el uso de productos no tóxicos.

De acuerdo con el testimonio de los productores entrevistados, la única normatividad que deben cumplir de manera estricta es que el producto esté libre de residuos tóxicos, razón por la cual el requisito principal y más importante, que deben cumplir quienes destinan su producción hacia el mercado internacional, es que los implementos utilizados deben ser de origen orgánico; además, es indispensable realizar el corte con cuchillo.

El principal destino de las exportaciones es EE.UU., específicamente Houston, McAllen, Atlanta, Dallas, New Jersey y Los Angeles. Por lo general, la comercialización internacional ocurre durante los meses de mayor producción que son marzo, abril y mayo.

La exportación la realizan mediante acopiadores o intermediarios, la cantidad exportada es sólo una estimación ya que no es posible tener un volumen exacto. En promedio exportan dos remolques de camión (tráiler) por semana, cada uno

tiene una capacidad para 48 tarimas y cada tarima contiene 24 cajas de aproximadamente 16 kg, lo que equivale a 147 456 kg mensuales.

Los únicos parámetros de calidad que refieren los productores son la ausencia de defectos por enfermedades, plagas, heladas o algún otro agente y, el tamaño del cladodio, éste varía en función de las preferencias del mercado consumidor; así, los tamaños estándar se dividen principalmente en dos: de 18 a 20 cm y 18 a 25 cm, la excepción es el nopalito destinado a Los Angeles, con tamaño requerido de 25 a 30 cm. Los productores indicaron que, debido a que la distancia es mayor y el nopalito debe viajar más tiempo, el tamaño mayor disminuye la pérdida de agua y deshidratación de los tejidos. La temperatura del termoking debe ser de 35° F (1.66 °C).

Los precios varían de acuerdo con la producción en función de la temporada:

- 40 pesos el ciento, en temporada baja, debido a la sobreproducción
- 180 pesos el ciento, en temporada alta

- **Requisitos para exportación**

Los requisitos que deben cumplir los nopalitos para exportar básicamente se refieren al cumplimiento de las especificaciones de embalaje, los fitosanitarios (ausencia de plaguicidas), la verificación del registro del comprador y el pago de impuestos, ya que la aduana (Importadora de Reynosa) se encarga de realizar todos los trámites.

Los impuestos que deben cubrirse son los siguientes:

- Puente mexicano: 1 100 pesos
- Puente americano: 21.5 dólares
- Seguro: 20 dólares
- Transfer: 60 dólares

Multas: variables; por sobrepeso, únicamente está permitido transportar 21 000 kg por viaje. Por carga desnivelada, es decir si un eje lleva más peso que otra

- **Empaque y embalaje (Figura 4.13)**

Etiquetado

La información que debe contener la etiqueta es nombre del producto, lugar de origen, nombre del productor, nombre del distribuidor, lugar destino y peso

Cajas para exportación

- Deben ser de material plástico, nuevas o estar perfectamente limpias y desinfectadas.
- Deben llevar grabado en una cara el sello “Producto de México”, tienen una capacidad de 16 kg aproximadamente.
- A veces el nopal se lleva a la central de abastos y ahí se empaca en cajas de cartón y se entarima.

Tarimas

- Las tarimas también deben llevar un sello grabado con la clave que indique que el producto procede de México.
- Cada tarima contiene 48 cajas.
- Sólo se cubren con papel estraza las cajas que quedan arriba para disminuir la pérdida de humedad.
- Se acomodan las cajas sobre la tarima y se refuerzan con esquineros de cartón, se sujetan con fleje y grapa y se colocan las etiquetas.

Costos

Los costos del proceso productivo de nopalito para exportación se presentan en el Cuadro 4.13.

Cuadro 4.13. Costos de producción para nopalito de exportación en la zona de Otumba y San Martín de las Pirámides, Estado de México, para el año 2014.

Concepto	Costo*
Bordos	22 dólares por cada 100 m
Abono	52 dólares por m ² , se requiere un camión por cada invernadero o microtúnel
Planta	99 dólares, que equivalen a 1 900 plantas por cada 100 m
Jornales	2.2 dólares al día por plantar
Mano de obra	Dos personas por invernadero colocan 10 invernaderos al día Una ha tiene capacidad para 30 – 32 invernaderos de 100 m
Cubiertas plásticas	186 dólares
Varilla	89 dólares por invernadero
Lazo	19 dólares por rollo
Tarima	7 dólares por tarima
Caja	1 dólar
Esquineros	Tamaño pequeño 0.30 dólares Tamaño grande 0.45 dólares
Grapas	3 dólares kg
Rollo de fleje	11 dólares
Flete Otumba – McAllen	1633 dólares

Información obtenida directamente de los productores.

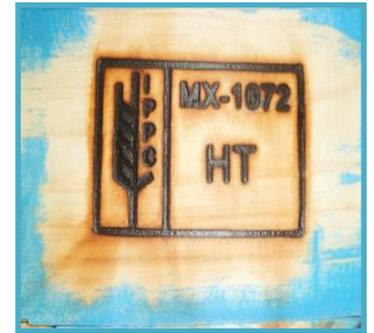
*Valor expresado en dólares al tipo de cambio del 31 de octubre de 2014 (Banxico, 2014)



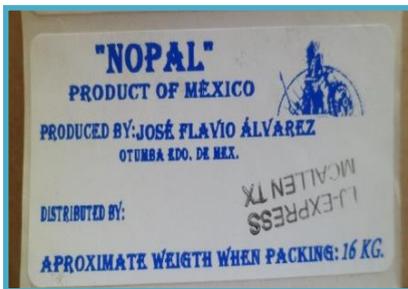
Caja plástica con sello
"Producto de México"



Tarimas



Sello



Etiqueta



Esquineros



Flejadora



Lazo



Papel estraza

Figura 4.13. Elementos necesarios para el empaque y embalaje de nopalito para exportación

Los problemas principales que enfrentan los productores de la región que se dedican a la exportación son la falta de apoyos gubernamentales; pues, el mantenimiento de las huertas implica costos altos, especialmente por el uso indispensable de las cubiertas plásticas y el uso de productos orgánicos. Esto impide que los volúmenes requeridos por el mercado internacional se completen. Otro problema radica en el intermediarismo que disminuye la ganancia de los productores y ocasiona que los precios sean poco atractivos; además, los pagos algunas veces no son inmediatos. La estacionalidad de la producción y las malas experiencias que han tenido con los programas de apoyo que desvían sus intereses hacia la obtención de beneficios personales representan otros problemas, la presencia de plagas, como la cochinilla (*Dactylopius indicus*) y el trips (*Sericothrips opuntiae*) también representan problemas para los productores.

4.5.8. Documentación del proceso de embarque para la exportación de nopal

La plantación del señor José Flavio Álvarez, en el municipio de Otumba, Estado de México, está dedicada a la producción exclusiva de nopalito para exportación y cuenta con una superficie de nueve ha.

El proceso se realiza por la mañana e inicia con el corte del nopalito que debe realizarse con cuchillo, seleccionando los que alcanzan el tamaño adecuado, una vez cortados se acomodan en cajas de plástico de aproximadamente 16 kg, las cajas llenas se colocan en carretillas donde los transportan hasta la camioneta que los lleva a la empacadora (Figura 4.14).

Una vez que las cajas son acomodadas en la camioneta y trasladadas hacia la empacadora, se colocan en las tarimas, las cuales tienen una capacidad de 48 cajas, las que quedan en la parte superior se cubren con papel estraza y se colocan los esquineros y flejes, posteriormente se pone una etiqueta a cada caja. Cuando el embalaje está terminado, se llevan las tarimas hacia el termoking el cual debe mantener la temperatura indicada (Figura 4.15). El comprador acude hasta la empacadora a recoger la carga



1. Corte con cuchillo



2. Llenado de cajas de plástico (16 Kg)



3. Transporte en carretilla



5. Cargando el camión que los lleva a la



4. Acomodo de



Figura 4.14. Proceso de cosecha de nopalito para exportación



Figura 4.15. Proceso de empaque y embalaje de nopalito de exportación

4.5.9. Matriz DAFO para nopalito

Fortalezas

- Propiedades nutraceuticas
- Rendimiento alto
- La tendencia en la producción ha ido en aumento
- Utilización de microtúneles y riego
- Ausencia de uso de agroquímicos
- La planta es aprovechable para fines diversos
- Clima propicio para su cultivo

Debilidades

- Deficiente organización de los productores
- El cortador (mano de obra) y el transporte representan un incremento en los costos
- Corta duración de vida postcosecha
- Parcialidad en la aplicación de estándares de calidad
- Uso limitado de la agroindustria
- Número limitado de productores que se dediquen a la exportación
- Estacionalidad de la producción
- Presencia de plagas como grana cochinilla y trips
- Desconocimiento en la aplicación de plaguicidas y falta de guía de plaguicidas autorizados para nopal

Oportunidades

- Cercanía geográfica con E.E.U.U quien es el principal país comprador
- Posibilidad de incursionar en otros países
- Representa un producto “exótico” atractivo para los mercados asiáticos
- Empresas industrializadoras que han incursionado con éxito en la exportación
- Promoción de los beneficios a la salud que conlleva el consumo de nopalito

Amenazas

- Eventos climatológicos adversos
- Falta de promoción
- Desconocimiento en otros países de la diversidad de usos y formas de consumo
- Interés de otros países en la explotación
- Parcialidad en la aplicación de normas de calidad
- Uso de plaguicidas no autorizados o exceder el límite de residuos

Las estrategias que se plantean como respuesta al análisis de la matriz FODA con la finalidad de sugerir una propuesta a los problemas que existen en torno a la producción de nopalito para exportación en la región de estudio, son las siguientes:

Fomento a las exportaciones, mediante el posicionamiento de la oferta y el acercamiento de los productores a programas que ofrecen el servicio de asesoramiento en la materia como son BANCOMEXT y PROMEXICO.

Brindar asesoría y capacitación a los productores para mejorar la oferta y el estado de sus plantaciones, conocer los beneficios de una producción libre de agroquímicos no solo para el mercado internacional, sino para ellos como productores, para el medio ambiente y para el consumidor, implementar el uso de las buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas de manejo.

Para satisfacer las expectativas de los mercados potenciales, EE.UU., Europa y Asia, es importante ofrecer productos con un alto nivel de calidad que permitan su posicionamiento, para lo cual es necesaria la aplicación de estándares de calidad.

La agroindustria representa una ventana de oportunidad en el mercado de exportación, que genera además un valor agregado para el producto, la vinculación de los productores con la agroindustria puede acercarlos con el mercado de exportación además de que pueden generar un producto con mayor vida de anaquel.

La falta de asociaciones de productores o la poca permanencia de estas es uno de los principales problemas, especialmente cuando no se alcanzan los volúmenes requeridos, la falta de organización de productores radica en la búsqueda de beneficios personales y en la forma de trabajo individualista, al ejercer la asociación posiblemente existiría un fortalecimiento como productores.

Creación de campañas publicitarias donde se exalten las cualidades y la diversificación de usos del nopal y ofrezcan degustaciones del producto fresco y procesado, mediante la difusión en ferias, en autoservicios, con la finalidad de promover el consumo de nopalito y de aumentar la demanda

Aunque el consumo en fresco representa la principal forma de consumo del nopal, se deben aprovechar los diversos usos que tiene la planta, creando un valor agregado al producto además de contrarrestar la caída de los precios en la temporada donde existe un exceso de oferta.

4.6. Conclusiones

La producción de hortalizas en México representa una de las actividades más rentables, debido en gran instancia a las ventajas competitivas generadas por las condiciones climáticas y la cercanía con su comprador principal, EE.UU.

La tendencia de la producción de nopalito en México ha mostrado notables incrementos a partir de los primeros registros oficiales que datan del año 1980 hasta 2012.

La producción de nopalito en México presenta diferencias notables en sus sistemas de producción entre las zonas, y por el manejo del cultivo y destino.

Existe información limitada de la cantidad de nopal que se comercializa internacionalmente, uno de los principales obstáculos en la obtención de esa información puede ser la falta de una fracción arancelaria específica para nopal.

La falta de registros oficiales dificulta y obstaculiza la visión sobre el panorama real de las exportaciones de nopalito, y genera desconocimiento acerca del incremento de los volúmenes comercializados a través del tiempo.

Los productores reconocen la necesidad de manejar las plantaciones bajo un sistema que no incluya el uso de contaminantes tóxicos o agroquímicos que dañen el medio ambiente y reduzcan sus posibilidades de expansión y reconocimiento de su producto en los mercados internacionales.

Los productores siguen una norma parcial de calidad referente principalmente al color, tamaño y daños físicos, sin embargo, resulta, intuitivamente ventajosa ya que indirectamente están clasificando por atributos químicos.

4.7. LITERATURA CITADA

Aksoy, M.A. 2005. Global agricultural trade policies. In: Global agricultural trade and developing countries. M. Ataman Aksoy and John C. Beghin (Eds) The World Bank, Washington, DC 37-53

ASERCA (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios) <http://www.aserca.gob.mx/>

Ayala, G.A.V.; R. R. Schwentesius; B. Cabrera C. 2012. Hortalizas en México: competitividad frente a EE.UU. y oportunidades de desarrollo. Globalización, Competitividad y Gobernabilidad 6(3): 70-88.

BANCOMEXT (Banco Nacional de Comercio Exterior, S.N.C.). 2014. <http://www.bancomext.com/> Consultada 19 de marzo de 2014.

BANXICO (Banco de México). 2014. <http://www.banxico.org.mx/> Consultada 19 de marzo de 2014 y 31 de octubre 2014.

Barrera, R. A. I.; V.H. Palacio M.; G. Almaguer V.; A.V. Ayala G.; C. Ávalos G. 2011. Tendencia de la producción agrícola de México 1970-2007: una perspectiva desde los censos agrícolas. In: El campo mexicano: 1970-2007.

Un análisis a partir de los censos agrícolas, ganaderos y ejidales. Universidad Autónoma Chapingo. 303 pp.

Callejas-Juárez, N., J. A. Matus G., J. A. García S., M. A. Martínez D., y J. M. Salas G. 2009. Situación actual y perspectivas de mercado para la tuna, el nopalito y derivados en el Estado de México, 2006. *Agrociencia* 43: 73-82.

Cámara de Comercio México – Estados Unidos (United States – Mexico Chamber of Commerce). 2014. <http://www.usmcoc.org/> Consultada 19 de marzo de 2014.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2014. <http://www.cepal.org/> Consultada 2 de enero de 2014.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2007. Ley de los Impuestos Federales de Importación y Exportación. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LIGIE.pdf> Consultada enero de 2014.

Escalante, S. R.; H. Catalán. 2008. Situación actual del sector agropecuario en México: perspectivas y retos. *Economía informa* 350:7-25

Excelsior. 2013. En línea <http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2013/02/17/884776> Consultada 9 de febrero de 2014.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2013 <http://www.fao.org/home/es/> Consultada 21 noviembre de 2013.

FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Dirección de estadística). 2014. <http://faostat.fao.org/>. Consultada 9 de enero de 2014.

FDA (Food and Drug Administration). 2014. <http://www.fda.gov/> Consultada 19 de marzo de 2014

- Financiera Rural, 2008. La producción de hortalizas en México. Informe Dirección General Adjunta de Fomento y Promoción de Negocios. 47 p.
- Flores-Valdez, C. A. 2003. Producción y comercialización de nopalitas. In: nopalitas y tunas. Flores-Valdez C. A. (Ed). Universidad Autónoma Chapingo-CIESTAAM- Programa nopal. 19-37 pp.
- FTC (Federal Trade Commission). 2014. <http://www.ftc.gov/> Consultada 19 marzo de 2014.
- HabitatMx. 2013. En línea. <http://elfuturoensuhabitat.mx/?p=3223> Consultada 9 de febrero de 2014.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2007 a. Características principales del cultivo de nopal en el Distrito Federal). Caso Milpa Alta. Censo Regional 2007. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, México. 78 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2007 b. Atlas agropecuario de México. Censo Agropecuario) 2007. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, México. 50 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2007 c. Censo Agropecuario, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal). Estados Unidos Mexicanos.
- Macías, M. A. 2000. La hortofruticultura mexicana en el marco de las nuevas corrientes de competitividad industrial. *Agroalimentaria* 11:49-57
- Macías, M. A. 2010. Competitividad de México en el mercado de frutas y hortalizas de Estados Unidos de América 1989-2009. *Agroalimentaria* 16(31):31-48
- Marañón, B. 1997. La agroexportación no tradicional de México y Perú. *Comercio Exterior* 47(12):997-1006.

- Marsh, R.; D. Runsten. 1996. Del traspasato a la exportación: potencial para la producción campesina de frutas y hortalizas en México. En: Lara, S; M. Cahuvet, (comp.). La inserción de la agricultura mexicana en la economía mundial. México
- Mestiza R. M.J.; R. Escalante. 2003. Exportaciones hortofrutícolas mexicanas en el TLCAN: ¿ventaja comparativa? Cuadernos de desarrollo rural 50:35-62
- OMC (Organización Mundial de Comercio). 2014 <http://www.wto.org/> Consulta febrero 2014.
- Plan Rector del Sistema Producto Nopal en el Estado de México. 2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Plan Rector Sistema Producto Nacional Nopal 2004. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Ponce T., H. 2006. La matriz FODA: una alternativa para realizar diagnósticos y determinar estrategias de intervención en las organizaciones productivas y sociales. Rev. Enseñanza e Inv. en Psicología 12 (1):113-130.
- PROMEXICO. 2011. <http://www.promexico.gob.mx/documentos/reportes-com-inv/reporte-comercio-inversion-julio-4-2011.pdf> Consultada diciembre 2013.
- PROMEXICO. 2014. <http://www.promexico.gob.mx/> Consultada 30 marzo de 2014.
- Puente, G. A. 2001. La agricultura de México antes y después de las reformas económicas de los noventas. Center for Environmental Science and Policy. Institute for International Studies, Stanford University. 191 p.
- Ramírez, P. J. C.; R. Sosa-López; A. Santos B. 2012. Plan Rector del Sistema Producto Nopal y Tuna del Estado de Michoacán. SAGARPA. 73 p.
- Revista Contenido 2012. En línea. <http://contenido.com.mx/2012/03/el-pueblo-que-exporta-nopales/> Consultada 9 de febrero de 2014

- Reyes-Agüero, J. A., J. R. Aguirre R., and H. M. Hernández. 2005. Systematic notes and a detailed description of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae). *Agrociencia* 39: 395-408.
- Rubio, B. 2001. La exclusión de los campesinos y las nuevas corrientes teóricas de interpretación. *Nueva sociedad* 182: 21-33.
- Ruiz-Funes, M. 2005. Evolución reciente y perspectivas del sector agropecuario en México. *ICE* 821:89-106.
- Sáenz, C. 2006. Utilización agroindustrial del nopal. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO* 162. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 165 p.
- SAGARPA. 2001. Nopal, leyenda, comercio y futuro. *Revista Claridades Agropecuarias*. 98: 1-13.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2014. <http://www.sagarpa.gob.mx/> Consulta enero de 2014.
- SAT (Servicio de Administración Tributaria). 2014. Secretaría de Hacienda y Crédito Público. <http://www.sat.gob.mx/> Consulta marzo de 2014.
- Schwentenius, R.; M. A. Gómez- Cruz.1997. Competitividad de las hortalizas mexicanas en el mercado estadounidense. *Comercio Exterior* 47(12) 963-974.
- SE (Secretaría de Economía). 2014. <http://www.economia.gob.mx/> Consulta febrero de 2014.
- SIACON (Sistema de Información Agropecuaria de Consulta, Anuario Estadístico de la Producción Agrícola).1980-2012. CD ROM. México, D. F.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/> (Consulta enero-abril de 2014).

SIAVI (Sistema de Información Arancelaria Vía Internet). 2014. Secretaría de Economía. <http://www.economia-snci.gob.mx/> Consulta abril 2014.

SNIIM (Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados). 2012. Secretaría de Economía. <http://www.economia-sniim.gob.mx/> Consulta diciembre 2012.

Urbe Económica. 2011. En línea http://www.urbeconomica.com/index.php?option=com_content&view=article&id=4458:detonan-exportaciones-de-tuna-y-otorgan-apoyos-al-campo&catid=1:agropecuario&Itemid=33 Consultada 9 de febrero de 2014

USDA (United States Department of Agriculture). 2014. <http://www.usda.gov/> Consultada mayo 2014.

USITC (United States International Trade Commission). 2014. <http://www.usitc.gov/> Consultada mayo 2014.

Vanguardia. 2013. En línea <http://www.vanguardia.com.mx/hablaranenargeliasobreeelnopalcatedraticosdeuaaan-1722706.html> Consultada 9 de febrero de 2014

5. DISCUSIÓN GENERAL

El término calidad ha sido definido en formas diversas y en diferentes contextos. Kader *et al.* (1992) define la calidad como el grado de excelencia o superioridad de un producto; sin embargo, es un término difícil de definir, medir y relacionar con la aceptabilidad del consumidor (Shewfelt *et al.*, 1997). La calidad puede enfocarse hacia el producto y hacia el consumidor, la primera se refiere al conjunto de atributos inherentes a un producto que son cuantificables durante la manipulación y distribución; la segunda define la calidad en términos de satisfacción de los consumidores (Shewfelt *et al.*, 1997). El enfoque hacia la calidad del producto permite cuantificarla con instrumentos de análisis, proporciona exactitud y precisión en las mediciones cuyos resultados son válidos para cualquier estudio científico (van Trijp y Schifferstein, 1995). Así, la calidad de los productos hortofrutícolas es relevante para la aceptabilidad y éxito en su comercialización en los mercados nacionales e internacionales (Avenidaño *et al.*, 2007).

Los resultados de la presente investigación (Capítulo 2) indican que algunas características físicas y químicas de los nopalitos son diferentes entre los de exportación y los de consumo nacional; así, el peso fresco, longitud, anchura, grosor apical, grosor basal, firmeza y contenido de ácido málico de los nopalitos de exportación fueron significativamente menores ($p \leq 0.05$) que los seleccionados para consumo nacional y por el contrario, el contenido de clorofila y carotenoides fue mayor (Figuras 2.2 a 2.6 y 2.10 a 2.12).

Las diferencias en las características físicas pueden estar relacionadas con el hecho de que los nopalitos para exportación son cosechados en estados tempranos, cuando el tamaño alcanzado es menor (entre 18 y 23 cm) que el de los nopalitos para consumo nacional (entre 24 y 28 cm).

El peso fresco en ambas clases (exportación 125 g y nacional 163 g) fue mayor que la obtenida por Aguilar-Sánchez *et al.* (2007) en nopalitos del cv. Atlixco (100 g) y también fue mayor a la indicada por Rodríguez-Félix (1999) (100 a 120 g). No existen parámetros para establecer una comparación y determinar el peso

adecuado, debido a que no se encuentra especificado en las normas que existen actualmente para nopal (NMX-FF-068-SCFI-2006, Codex Stan 185-1993).

El tamaño es la característica visual principal en la que los productores sustentan la selección de los nopalitos para exportación. Sin embargo, las normas NMX-FF-068-SCFI-2006, Codex Stan 185-1993 son ambiguas en relación a la clasificación de los nopalitos por su tamaño. La longitud y anchura coincidieron con las obtenidas por Aguilar-Sánchez *et al.* (2007) con alrededor de 20 y 11 cm en nopalitos del cv. Atlixco.

La firmeza mayor de los nopalitos del Grupo Agrícola Ixquiltán, en donde además únicamente se observó diferencia entre clases, puede estar relacionada con la succulencia (contenido de agua del tejido) (García, 2014) y con el grosor de la cutícula (Betancourt-Domínguez *et al.*, 2006).

Un parámetro sobresaliente, relacionado con la calidad y la aceptabilidad por los consumidores, es la acidez (Calvo-Arriaga *et al.* 2010); en relación con esta característica, la interacción entre clase y grupo indicó que la diferencia fue significativa entre las clases solo para el grupo PRONACUA, lo que posiblemente indica que el manejo del cultivo y el área de producción intervienen en el contenido de acidez de los cladodios (López-Palacios *et al.* 2010; Meraz-Maldonado *et al.*, 2012).

Respecto al contenido de mucílago, se observó que la diferencia entre clases no fue significativa ($p > 0.05$), aunque fue diferente entre los grupos y las huertas (Figura 2.9). Estos resultados pueden estar relacionados con la época y ambiente de cultivo, ya que el contenido de mucílago depende de condiciones y fluctuaciones ambientales, como la temperatura, irrigación y lluvia, además del manejo del cultivo (Nobel *et al.*, 1992; Sáenz *et al.* 2004; García R., 2007).

El contenido de clorofila fue mayor (5 %) en los nopalitos para consumo nacional que los seleccionados para exportación, sin embargo esta diferencia solo fue significativa en los del grupo PRONACUA (8.52 y 9.35 mg 100 g⁻¹ en los nopalitos para consumo nacional y para exportación) y los contenidos de Chl *a* y Chl *b*

también fueron significativamente diferentes entre las clases. Este resultado contrastó con el de los nopalitos del Grupo Agrícola Ixquiltán, pues su contenido de Chl *a* y Chl *b* fue similar entre las clases. El contenido mayor de clorofila de los nopalitos destinados al consumo nacional pudo deberse a su tamaño mayor respecto a los destinados a la exportación. Además el contenido de clorofila varía en relación con la disponibilidad de agua (Aguilar-Becerril y Peña-Valdivia, 2006); en relación con esto, y con la finalidad de incluir la mayor variabilidad climática posible en los nopalitos del estudio, la cosecha se realizó en diferentes meses durante el año. Por lo que pudo haber efecto del ambiente en estos resultados.

La concentración de carotenoides fue menor en los nopalitos para consumo nacional (6.86 %); sin embargo, los resultados de la interacción entre grupo y clase demostraron que el menor contenido de carotenoides correspondió a los nopalitos para exportación cultivados por el Grupo Agrícola Ixquiltán. El contenido de carotenoides en los nopalitos está relacionado con la etapa de desarrollo y el contenido de clorofila (Rodríguez-Félix y Cantwell, 1988). Esto puede explicar el hecho de que los nopalitos para consumo nacional presentaran concentración menor, al tener tamaño y estado de desarrollo mayor que los seleccionados para exportación.

En cuanto a los residuos de plaguicidas los resultados confirmaron que los productores no utilizan productos agroquímicos para el cultivo de los nopalitos. Aunque, en los muestreos realizados en las huertas pertenecientes al grupo PRONACUA se detectó la presencia de ometoato (0.031 ppm), de acuerdo con los registros de Agrolab (2013) esta cantidad se encuentra dentro del límite permitido. Además, el ometoato no se encuentra en la lista de plaguicidas permitidos de uso agrícola (SENASICA, 2012), pero su uso si está restringido por la normatividad de otros mercados internacionales, como EE.UU., que es el destino principal de las exportaciones de nopalito de la región estudiada. Así, el uso de clorpirifós etílico, bifentrina y paratión metílico y ometoato está restringido (EPA, 2013). Según Martínez-Martínez *et al.* (2012) la presencia de estos productos es común en las zonas productoras de nopalito, pues detectaron residuos de ometoato (0.121 mg kg⁻¹), en un muestreo realizado en Otumba

durante el año 2009. Este compuesto se utiliza principalmente para controlar el trips del nopal (*Sericotrips opuntia* Hood).

Es importante que los productores mantengan sus plantaciones libres de residuos de plaguicidas, ya que uno de los principales requisitos para la exportación de nopalito es cumplir con las requisiciones sanitarias del país destino, y para el caso de nopal verdura, los implementos utilizados en la producción deben ser de origen orgánico (Comunicación personal productores de Otumba). Además, la presencia de plaguicidas en cualquier producto hortofrutícola representa un riesgo para el consumidor al no aplicarse las medidas correctivas para la eliminación de cualquier residuo (Pardo *et al.*, 2011).

Estos son requisitos recientes en materia de calidad e inocuidad en los mercados importadores, representan retos para los países (especialmente los países en desarrollo) en los ajustes de su proceso de producción, comercialización y sistemas de control; pero les permite cumplir con lo necesario para desarrollar ventajas comparativas y asegurar su participación en el mercado (Piñeiro y Díaz, 2007).

Estos requerimientos estrictos en materia de calidad e inocuidad han generado la necesidad de contar con reglamentaciones específicas en cuestiones sanitarias, semejantes al *Códex Alimentarius* y otras normas reglamentarias y voluntarias en cada país y en el ámbito internacional (Piñeiro y Díaz, 2007).

Por otra parte, las tendencias de la producción y comercialización (Capítulo 3) indicaron que el nopalito forma parte de las 15 hortalizas de mayor importancia en México, y su participación recobra fuerza debido a que la actividad hortofrutícola representa una de las actividades más redituables (Ayala *et al.*, 2012; SIAP, 2013).

México ocupa en el mundo el lugar 12 por la superficie cosechada con productos agrícolas y el 10 por la producción (673 152 ha y 11 965 243 t) (FAOSTAT, 2014). Las hortalizas ocupan una superficie de 2.59 % y aportan 13 % del valor total de

la producción. Entre 1980 y 2012 la superficie cosechada de los productos hortofrutícolas incrementó 82.8 % (SIACON, 2012).

El nopalito ha escalado posiciones en el lugar ocupado dentro de las principales hortalizas, pues pasó del número 14 en 1990 al número 12 en el año 2012. La información oficial de las exportaciones de nopalito es escasa, debido a la falta de una fracción arancelaria exclusiva para nopal verdura, actualmente se encuentra clasificado dentro del sistema armonizado como “Las demás hortalizas” y los volúmenes reportados bajo esa fracción no reflejan específicamente los correspondientes al nopal.

Existe evidencia de exportaciones de nopal fresco a EE.UU. y Japón parece que es mercado con gran potencial (PROMEXICO, 2011); sin embargo, no se ha dimensionado correctamente porque la información actual es dispersa. Aunque, se reconoce que la cantidad exportada por los productores de la región de Otumba y San Martín de las Pirámides es aproximadamente 147 456 kg mensuales y va dirigida a los mercados de Houston, McAllen, Atlanta, Dallas, New Jersey y Los Angeles en E.E.U.U.

Los resultados del presente estudio confirman que existe falta de información que permita clasificar objetivamente a los nopalitos y permita conocer la proyección del nopalito como cultivo de exportación a través del tiempo.

5.1 LITERATURA CITADA

Agrolab. 2013 <http://www.agrolab.com.mx> (Consulta 4 de abril de 2013).

Aguilar-Becerril, G., y C. B. Peña-Valdivia. 2006. Alteraciones fisiológicas provocadas por sequía en nopal (*Opuntia ficus-indica*). Rev. Fitotec. Mex. 29: 231-237.

Aguilar-Sánchez, L., M. A. Martínez-Damián, A. F. Barrientos-Priego, N. Aguilar-Gallegos, y C. Gallegos-Vásquez. 2007. Potencial de oscurecimiento

enzimático de variedades de nopalito. J. Prof. Assoc. Cactus Develop. 9: 165-184.

Avendaño, R. B. D, R. Schwentesius, y S. Lugo M. 2007. La inocuidad alimentaria en la exportación de hortalizas mexicanas a Estados Unidos. Comercio Exterior 57(1):6-18.

Ayala, G.A.V.; R. R. Schwentesius; B. Cabrera C. 2012. Hortalizas en México: competitividad frente a EE.UU. y oportunidades de desarrollo. Globalización, Competitividad y Gobernabilidad 6(3): 70-88.

Betancourt-Domínguez, M. A., T. Hernández-Pérez, P. García-Saucedo, A. Cruz-Hernández, and O. Paredes-López. 2006. Physico-chemical changes in cladodes (nopalitos) from cultivated and wild cacti (*Opuntia* spp.). Plant Foods Hum. Nutr. 61: 115–119.

Calvo–Arriaga, A.O., A. Hernández–Montes, C.B. Peña–Valdivia, J. Corrales–García, and E. Aguirre–Mandujano. 2010. Preference mapping and rheological properties of four nopal (*Opuntia* spp.) cultivars. J. Prof. Assoc. Cactus Develop.12: 127-142.

Codex Alimentarius, 2007. Codex Stan 185-1993, Fresh fruits and vegetables. World health organization. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma.

EPA. 2013. Title 40: Protection of Environment. Code of Federal Regulations. United States Environmental Protection Agency. Electronic code of federal regulations. En Línea: http://www.ecfr.gov/cgi-bin/textidx?c=ecfr&sid=1c8cd959ef0d373fb7620f42c8445cca&tpl=/ecfrbrowse/Title40/40cfr180_main_02.tpl (Consulta 4 de abril de 2013).

Piñeiro M.; L.B. Díaz. R. 2007. Aplicación de programas para el mejoramiento de la calidad e inocuidad en la cadena de suministro de frutas y hortalizas: beneficios y desventajas. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 125 pp.

FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Dirección de estadística). 2014. <http://faostat.fao.org/>. ([Consulta 24 junio de 2014](#))

García R., M.T. 2007. Procesos fisiológicos y contenido de polisacáridos estructurales en nopalito (*Opuntia* spp.) y su modificación por el potencial de agua del suelo. Tesis de Maestría. Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad, Fisiología Vegetal. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. México. 124 p.

García N., F. 2014. Características biofísicas y químicas de plantas MAC en relación con la domesticación, especie y humedad en el suelo. Botánica, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 185 p.

Kader, A.A. 1992. Postharvest technology of horticultural crops. University of California special publication 3311, Oakland, CA.

López-Palacios, C., J.A. Reyes-Agüero, H.M. Ramírez-Tobias, B.I. Juárez-Flores, J.R. Aguirre-Rivera, L. Yañez-Espinosa, and M.A. Ruíz-Cabrera. 2010. Evaluation of attributes associated with the quality of nopalito (*Opuntia* spp. and *Nopalea* sp.). Italian J. Food Sci. 4: 423-431.

Martínez-Martínez, T.O., M.E. Ramírez-Guzmán, S. Anaya-Rosales, M.L. Arévalo-Galarza., G. Leyva-Ruelas. 2012. Estimación del nivel de calidad de dos sistemas de producción de nopal verdura (*Opuntia* sp.). Agrociencia 46: 567-578.

Meraz-Maldonado, N., S. Valle-Guadarrama, J. Hernández-Morales, S. Anaya-Rosales, J.C. Rodríguez-Maciel, and G. Leyva-Ruelas. 2012. Quality of three sizes of prickly pear cactus stems (*Opuntia ficus indica* L. 'Atlixco'). Afr. J. Agric. Res. 7: 4512-4520.

NMX-FF-068-SCFI-2006. Hortaliza fresca -Nopal verdura (*Opuntia* spp.)-Especificaciones. Normas Mexicanas. Secretaría de Economía.

- Nobel, P. S., J. Cavelier, and J.L. Andrade 1992. Mucilage in cacti its apoplastic capacitance associated solutes, and influence on tissue water relations. *J. Exp. Bot.* 43: 641–8.
- Pardo, J.E.; J.A. Peñaranda, M. Álvarez-Ortiz, D.C Zied, and A. Pardo. 2011. Application of the hazard analysis and critical control point (HACCP) system on the mushroom processing line for fresh consumption. *Italian J. Food Sci.* 23:126-135.
- PROMEXICO <http://www.promexico.gob.mx/documentos/reportes-com-inv/reporte-comercio-inversion-julio-4-2011.pdf>
- Rodríguez-Félix, A., and M. Cantwell. 1988. Developmental changes in composition and quality of prickly pear cactus cladodes (nopalitos). *Plant Foods for Human Nutrition* 38: 83-93.
- Rodríguez-Félix, A. 1999. Fisiología y tecnología postcosecha de nopalitos. Memoria del VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal. Universidad Autónoma de San Luis Potosí 211-227.
- Saéñz, C., E. Sepúlveda, and B. Matsuhiro. 2004. *Opuntia* spp. mucilage's: a functional component with industrial perspectives. *J. Arid Environ.* 57: 275-290.
- SIACON (Sistema de Información Agropecuaria de Consulta, Anuario Estadístico de la Producción Agrícola).1980-2012. CD ROM. México, D. F.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2012. Listado de plaguicidas de uso agrícola. <http://www.senasica.gob.mx> (Consulta 4 de abril de 2013).
- Shewfelt, R.L. 1999. What is quality? *Postharvest Biology and Technology* 15(3):197-200

SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/> (Consulta 4 de abril de 2013).

van Trijp, H.C.M., Schifferstein, H.N.J., 1995. Sensory analysis in marketing practice: comparison and integration. *J. Sens. Stud.* 10, 127–147.

6. CONCLUSIONES GENERALES

Las necesidades actuales de la comercialización exigen productos de calidad que cumplan las expectativas de los consumidores en un mercado cada vez más competido. Es necesario que los productores orientados a la exportación tengan el conocimiento completo de las características demandadas en un producto.

Los nopalitos de exportación y los de consumo nacional difieren en sus características físicas y de composición y no únicamente en el tamaño, el cual es el criterio principal en el que se basan los productores para su cosecha.

Estas características particulares de los tipos de nopalito pueden servir de guía para uniformizar estándares de calidad que aseguren un lugar en el mercado internacional.

En los mercados internacionales, con niveles económicos elevados, la calidad de los productos agropecuarios es uno de los principales factores de preferencia, esto resulta importante en el sentido de que la comercialización de productos agropecuarios es una de las actividades principales y con mayor crecimiento durante a través de los años.

La información respecto al comercio internacional de nopalito es notablemente escasa, lo que no permite dimensionar la dinámica de la oferta y la demanda, que refleje el crecimiento de las exportaciones en los diversos países donde empíricamente se obtiene el conocimiento del creciente interés por el consumo de nopal, derivado básicamente de las propiedades nutraceuticas y diversidad de usos que representa.