

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA**

**DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE
ESTABLECIMIENTO Y PLAN DE ACCIÓN
PREVENTIVO CONTRA *Cactoblastis cactorum* EN
MEXICO**



REGISTRADO EN LA
DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
D. PTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

T E S I S

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

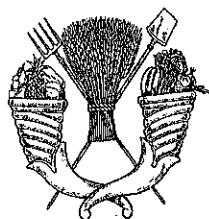
**MAESTRO EN CIENCIAS EN
PROTECCIÓN VEGETAL**

PRESENTA:

PEDRO CARRANZA VAZQUEZ



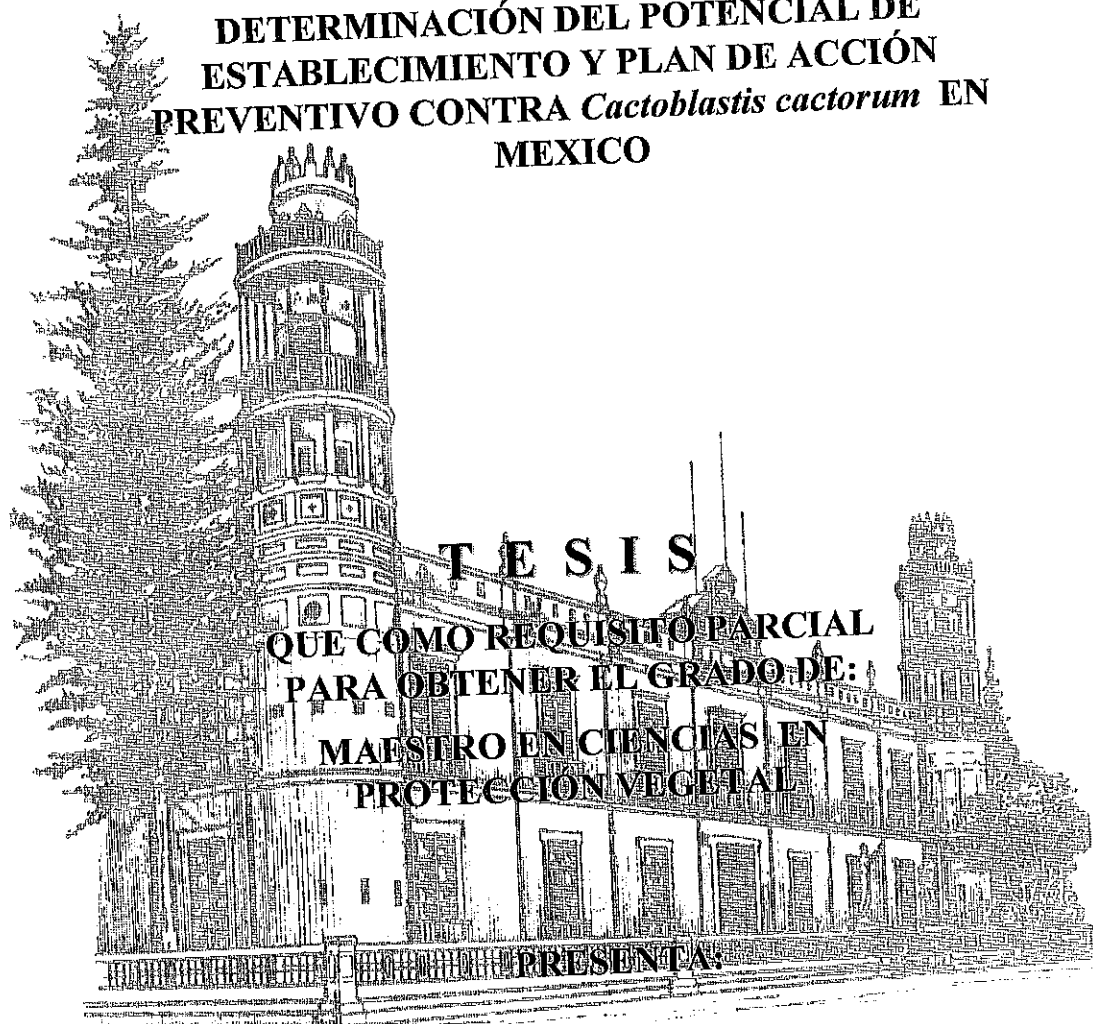
Chapingo, México, Noviembre de 2005



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA**

**DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE
ESTABLECIMIENTO Y PLAN DE ACCIÓN
PREVENTIVO CONTRA *Cactoblastis cactorum* EN
MEXICO**



T E S I S
**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN
PROTECCIÓN VEGETAL**

PRESENTA:

PEDRO CARRANZA VAZQUEZ



Chapingo, México, Noviembre de 2005

Determinación del potencial de establecimiento y plan de acción preventivo contra *Cactoblastis cactorum* en México

Tesis realizada por **PEDRO CARRANZA VÁZQUEZ**, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

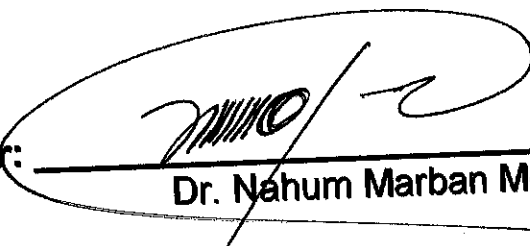
MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

Director:



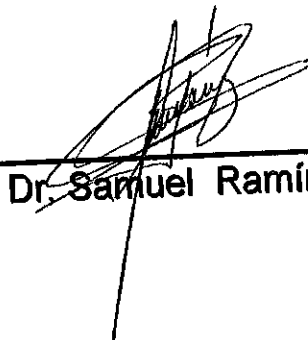
Dr. Víctor Manuel Pinto

Asesor:



Dr. Nahum Marban Mendoza

Asesor:



Dr. Samuel Ramírez Alarcón

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme cumplir una más de mis metas planteadas.

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Departamento de Parasitología Agrícola, en especial al Programa de Protección Vegetal por brindarme las facilidades de realizar mis estudios de Postgrado.

A la Dirección General de Sanidad Vegetal por el apoyo proporcionado para que culminara satisfactoriamente mis estudios.

Al Dr. Víctor Manuel Pinto por su dedicación y consejos brindados para la realización del presente trabajo.

Al Dr. Nahum Marban Mendoza por el apoyo brindado a lo largo de mi estancia en el Postgrado y por su decidida participación en la revisión de esta Tesis.

Al Dr. Samuel Ramírez Alarcón por su atinada revisión de este trabajo y su amistad brinda en todo momento.

A la Ing. Norma Alejandra Elizalde Jiménez por su acertada dirección del trabajo que hoy se presenta.

Al M.C Noel Reyes Pérez por sus excelentes aportaciones realizadas en la revisión del trabajo presentado.

A todos los Maestros del Programa de Protección Vegetal por sus enseñanzas y amistad durante mi estancia en el Postgrado.

A la Dr. Mayra Pérez Zandi y al Ing. Arturo Bello por proporcionarme información sobre el tema del trabajo realizado.

A mis compañeros de grupo Alfredo, Rigo, Ulises y Jorge; así como a las secretarías Aurora, Paty y Maribel, por sus consejos y amistad brindada.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Pedro Carranza Aguirre y Lucila Vázquez Echartea

Por el amor y cariño que siempre he recibido de ellos y por creer en mí en todo momento.

A MIS HERMANOS

Margarita, Consuelo, José, Ángel, Maricruz y Maria del Socorro, por el cariño y respecto que nos une.

A MI ESPOSA

Norma Alejandra Elizalde Jiménez

Por el amor que nos profesamos, su comprensión, su apoyo en todo momento y por sus sabios consejos para terminar este trabajo.

A MI PEQUEÑA BEBE

Alejandra Carranza Elizalde

Por ser mi razón de vivir, de esforzarme y el aliciente en mi vida y por su cariño que muestra hacia mí.

A MIS SUEGROS

Félix Hermenegildo Elizalde Marquez y Virginia Jiménez Peña

Por su confianza, sus consejos y motivación para que pudiera llegar a presentar mi examen de grado.

A MIS SOBRINOS

Víctor, Tony, José Manuel, Ruben, Karla, Lessly, José (Junior), Alan, Daniel, Eder, Paola y Juliana, así como, a Ana y Víctor, Ada y Luis y Félix e Ileana

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO

Héctor, Martín, Pedro Luis, Juan Carlos, Violeta, Griselda, Fabian, Maricela, Berta, Sergio, Adriana, Imelda, Lina, Pablo, Arturo, Alexander, Ranulfo, Javier, Gustavo, Edgar y Víctor Hugo.

DATOS BIBLIOGRAFICOS

Pedro Carranza Vázquez

Nació en el Ejido los Ángeles Municipio de Gómez Palacio del Estado de Durango, el día 28 de febrero de 1971, realizó sus estudios elementales en la Escuela Primaria Rural Federal " 17 de Octubre", la Secundaria en la Escuela Secundaria Técnica No. 6 "Rafael Ramírez Castañeda" en la comunidad de Santa Teresa, Coahuila. Los estudios de preparatoria y profesional los efectuó en la Universidad Autónoma Chapingo, de donde se graduó en el año de 1995 con el título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola.

Durante su desarrollo profesional se ha desempeñado como consultor técnico del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura en México, en la Dirección General de Sanidad Vegetal, donde ha ocupado algunos cargos en la Dirección de Protección Fitosanitaria. Actualmente se funge como Subdirector de Organización y Concertación en la Dirección de Área antes citada.

Adicionalmente, ha participado en mesa de trabajo sobre el Papel del Campo en el Proyecto de Nación, dentro del Diálogo para un Acuerdo Nacional para el Campo, como ponente en diferentes foros sobre temas de normatividad en Campañas Fitosanitarias y Organización de Productores en Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal.

DETERMINACION DEL POTENCIAL DE ESTABLECIMIENTO Y PLAN DE ACCIÓN PREVENTIVO CONTRA *Cactoblastis cactorum* EN MEXICO

DETERMINING THE POTENTIAL OF ESTABLISHING AND PLANNING PREVENTIVE MEASURES AGAINST *Cactoblastis cactorum* IN MEXICO

Pedro Carranza Vázquez ¹

Víctor Manuel Pinto ²

RESUMEN

México posee la mayor diversidad genética de nopal, contando con 107 especies del género *Opuntia*, la superficie establecida se estiman alrededor de 3 millones de ha. Sin embargo, las poblaciones de *Opuntia* se ven amenazada por la palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum* Berg.) no presente en México, es nativa del norte de Argentina, sur de Brasil, Uruguay y Paraguay. En Australia ha sido utilizada como agente de control de especies invasoras de nopal mexicano y americano. El objetivo de este estudio es documentar la información técnica para conducir un Análisis de Riesgo de Plagas (ARP), identificar zonas de riesgo productoras de nopal con potencial de establecimiento de *C. cactorum* en México y describir el plan de acción para prevenir su introducción en nuestro país. Los resultados indican que los Estados de Nuevo León, Distrito Federal, San Luis Potosí, Zacatecas, Tamaulipas y Yucatán, son las zonas productoras y naturales con un alto potencial de introducción y establecimiento debido al número de especies hospederas, efectos climáticos, comercio, turismo o por introducción con fines de investigación. El plan de acción considera la divulgación, capacitación, elaboración de una norma oficial y desarrollo de una campaña fitosanitaria.

Palabras clave: nopal, *Opuntia*, *Cactoblastis cactorum*, Análisis de Riesgo de Plagas, palomilla del nopal.

ABSTRACT

Mexico has the greatest genetic diversity of prickly pear cacti, 107 species of the genus *Opuntia*, on an established surface of around 3 million ha. Nevertheless, the populations of the *Opuntia* is threatened by the prickly pear cacti moth (*Cactoblastis cactorum* Berg.) which is not present in Mexico. It is native to northern Argentina, southern Brazil, Uruguay and Paraguay. It has been used as a control agent for invasive species of Mexican and American prickly pear cacti in Australia. The object of this study is to document the technical information for a Pest Risk Analysis (PRA), to identify areas producing prickly pear cacti at risk for the establishment of *C. cactorum* in Mexico, and to describe a plan of action to prevent its introduction into our country. The results indicate that the states of Nuevo Leon, Distrito Federal, San Luis Potosi, Zacatecas, Tamaulipas, and Yucatan are the production areas and natural habitat with a high risk of its introduction and establishment due to the number of host species, effects of the climate, trade, tourism, or by means of its introduction for research purposes. The plan of action involves the dissemination of information, training, the elaboration of an official norm, and the development of a phytosanitary campaign.

Key words: Prickly pear cacti, *Opuntia*, *Cactoblastis cactorum*, Pest Risk Analysis, prickly pear cacti moth

¹ Alumno de la Maestría en Protección Vegetal. Universidad Autónoma Chapingo
² Profesor Investigador de la Universidad Autónoma Chapingo

INDICE

Pág.

INDICE DE CUADROS

INDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	6
II REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1 Antecedentes de las cactáceas en México	7
2.2 Origen de la Familia Cactáceae	8
2.3 Distribución geográfica de la Familia Cactáceae	9
2.4 Descripción botánica	10
2.5 Información del cultivo de Nopal	10
2.5.1 Origen del Nopal	10
2.5.2 Ubicación taxonómica	10
2.5.3 Descripción del género <i>Opuntia</i>	11
2.5.4 Anatomía del género <i>Opuntia</i>	12
2.5.5 Importancia y aprovechamiento del nopal	13
2.5.5.1 Importancia económica del nopal	13
2.5.5.2 Importancia social del nopal	14
2.5.5.3 Importancia del nopal tunero	14
2.5.5.4 Importancia del nopal verdura	15
2.6 Distribución y desarrollo del nopal en México	15
2.6.1 Distribución del nopal	15
2.6.2 Desarrollo del nopal en México	15
2.6.2.1 Nopaleras silvestres	16
2.6.2.2 Nopaleras de huertos familiares	17
2.6.2.3 Nopaleras de plantación	

2.7 Ecología del nopal en México	17
2.8 Características botánicas	18
2.9 Especies y variedades utilizadas como nopal verdura	20
2.10 Usos del Nopal	16
2.11 Requerimientos del cultivo	29
2.12 Regulación fitosanitaria internacional	36
2.13 Normalización fitosanitaria nacional	40
2.14 Análisis de Riesgo de Plagas (ARP)	41

III. MATERIALES Y MÉTODOS	44
3.1 Categorización de plaga cuarentenaria de <i>Cactoblastis cactorum</i>	44
3.2 Sistematización de la información en fichas técnicas	44
3.3 Identificación de zonas con potencial de establecimiento de <i>C. cactorum</i> ..	45
3.4 Plan de acción preventivo para <i>Cactoblastis cactorum</i>	45

IV. RESULTADOS	46
4.1 Presencia o ausencia en el área de Análisis de Riesgo	46
4.2 Sistematización de la Información	46
4.3 Ubicación taxonómica de <i>C. cactorum</i>	47
4.4 Descripción morfológica	47
4.5 Distribución geográfica	52
4.6 Hospederos	53
4.7 Biología	56
4.8 Síntomas y/o daños	60
4.9 Importancia económica	61
4.10 Dispersión	61
4.11 Medidas de control en Sudáfrica, donde la plaga esta presente	64
4.12 Descripción del plan de acción preventivo desarrollado en México	66
4.13 Acciones desarrolladas en la Campaña	66

V.- ANALISIS Y DISCUSIÓN	74
5.1 Probabilidad de introducción de <i>C. cactorum</i> a México	74
5.2 Consecuencias Ecológicas y Económicas por la introducción de <i>C. cactorum</i> en México	75
5.3 Perspectivas	75
VI.- CONCLUSIONES	76
VII.- LITERATURA CONSULTADA	78

INDICE DE CUADROS

	Pág
Cuadro 1. Principales variedades Cultivadas de Nopal Verdura	22
Cuadro 2. Superficie cultivadas de Nopal Verdura	23
Cuadro 3. Principales variedades de nopal tunero cultivadas en México	24
Cuadro 4. Superficie cultivadas de Nopal para tuna	25
Cuadro 5. Superficie utilizado como Nopal Forrajero	25
Cuadro 6. Contenidos óptimos de elementos en el suelo para el cultivo del nopal tunero	31
Cuadro 7. Distribución inducida de <i>Cactoblastis cactorum</i> como agente de control biológico	52
Cuadro 8. Especies de <i>Opuntia</i> que se encuentran en México y se conoce que han sido atacadas por <i>C. cactorum</i>	56

INDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Una columna con huevecillos de <i>C. cactorum</i> siendo depositados..	48
Figura 2. Larvas de primer instar de <i>C. cactorum</i> siendo depositados.....	49
Figura 3. Larvas del último instar de <i>C. cactorum</i> siendo depositadas	50
Figura 4. Pupas con partículas de suelo adheridas al cocón, con cocón limpio y sin cocón	50
Figura 5. Hembra adulta y Macho adulto de <i>C. Cactorum</i>	51
Figura 6. Ciclo de vida de <i>Cactoblastis cactorum</i>	57
Figura 7. Larvas alimentándose en el interior del cladodio.....	58
Figura 8. Zonas en México con Opuntia con alta probabilidad de ser susceptibles a <i>C. cactorum</i>	65
Figura 9. Distribución y regiones de alta riqueza de especies de Opuntia en México	73

I. INTRODUCCIÓN

En México el nopal *Opuntia* spp. es una de las especies más importantes por razones ecológicas, económicas y sociales, así como a su amplia diversidad genética, de usos y aprovechamiento, que data de hace unos 7,000 años (ASERCA, 1999).

Su importancia ecológica radica en la diversidad de especies y su interrelación con otras especies de flora y fauna, así como con otros elementos de la naturaleza como el agua y el suelo. México cuenta con 107 especies de *Opuntia*, género al cual pertenece el nopal, siendo el país con mayor diversidad de especies de nopal en todo el mundo. De las 107 especies; 56 son del tipo platyopuntias, que son aquellas plantas de tallos aplanados, denominados también cladodios o pencas; y 51 son del tipo cylindropuntias, las cuales tienen tallos cilíndricos. Treinta y ocho especies de platyopuntias son endémicas de México. Las poblaciones silvestres de nopal ocupan cerca de 3,000,000 hectáreas del territorio nacional.

El nopal es fundamental en diversos ecosistemas. Es el principal componente de la flora del desierto (nopaleras) en el norte del territorio mexicano, dado que otras plantas no soportan las condiciones ambientales de estas áreas. Constituye un refugio y fuente alimenticia para la fauna silvestre en zonas desérticas y semidesérticas, incluyendo aves, mamíferos, reptiles e insectos. Asimismo, facilita el establecimiento de otras especies de plantas en zonas desérticas, dado que proporciona un ambiente ligeramente más templado y húmedo. El nopal es considerado como la planta más importante para mantener el equilibrio ecológico en esos territorios. Tiene una alta capacidad de adaptación a suelos degradados y soporta la falta de agua y altas temperaturas de manera constante. Su sistema radical evita la erosión del suelo por viento y agua, además de conservar la humedad. Estas características la convierten en un importante agente de regeneración del suelo y en la lucha contra la desertificación.

La importancia económica del nopal en México es muy amplia, tradicionalmente los mexicanos se alimentan de nopal para verdura y de la tuna como fruta. El nopal para verdura es cultivado en 14 estados, aproximadamente en 10,000 ha, por 90,000 productores. La tuna representa el noveno lugar en consumo de los frutales más importantes para la población mexicana y el nopal tunero se encuentra en el séptimo lugar de la superficie sembrada (50,000 hectáreas) con cultivos perennes. Se cultiva principalmente en 15 Estados, por 120,000 productores. El valor de la producción de *Opuntia* se estima en \$80 millones de USD, y la exportación en \$30 millones de USD. Los tallos, frutas y semillas del nopal también son utilizados como forraje para el ganado, especialmente en tiempos de sequía. Los nopales son cultivados para estos fines en alrededor de 360,000 ha.

Los productos derivados del nopal (frutos, hortaliza y forraje) representan en promedio para los últimos 10 años 0.88% de la superficie sembrada, con un valor aproximado de 300 millones de pesos anuales y 1.32% del valor total de productos agrícolas perennes producidos, genera en promedio alrededor de 15 millones de USD en exportaciones principalmente a los Estados Unidos, Canadá y Japón. Los productos de nopal en México representan una industria en crecimiento de aproximadamente 475 millones de pesos anuales e involucra a 28,000 productores.

Además de ser un alimento cotidiano, de la planta se obtienen más de 100 subproductos como jugos, mermeladas, bebidas alcohólicas, cosméticos, shampoo, jabón, tintes, impermeabilizantes, adhesivos e incluso, se obtienen medicamentos. Actualmente, en la Secretaría de Salud se están realizando investigaciones sobre los efectos del nopal con la fibra Psyllium y calabacín en enfermedades como la diabetes y el colesterol. Asimismo, se emplea en la generación de energía (biogas, etanol, leña) y tiene un uso ornamental, para la elaboración de artesanías.

La importancia social del nopal está relacionada con la gran cantidad de empleos directos e indirectos que genera el cultivo y toda la industria del nopal. Adicionalmente se refleja en la historia de México, en el tradicional símbolo nacional e incluso en pinturas religiosas.

Sin embargo, en fechas recientes esta planta se ve amenazada por la presencia de la palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum* Berg.) la cual se alimenta de diversas opuntias y que es utilizada mundialmente como agente de control de varias especies consideradas invasoras.

Cactoblastis cactorum es nativo del norte de Argentina, sur de Brasil, Uruguay y Paraguay, fue introducido en 1926 en Australia como agente de control biológico para diversas especies invasoras de nopal mexicano y americano (*Opuntia aurantiaca*, *Opuntia streptacantha*, *Opuntia stricta* y *Opuntia tomentosa*). Estos nopales se convirtieron en malezas en zonas prioritariamente agrícolas, debido a la ausencia de sus enemigos naturales. El insecto eliminó alrededor de 16 millones de hectáreas de nopaleras en un lapso muy breve, convirtiéndose así en el mejor ejemplo de control biológico de malezas a nivel internacional.

Posteriormente, el éxito se repitió en otros países, fue introducida en Sudáfrica (1933), Hawai y las Islas Mauricio (1950), Nevis (1957), Montserrat (1960) y Antigua (1960), St. Kitts (1962), donde afectó severamente las poblaciones nativas de nopales. A partir de entonces, la palomilla se ha dispersado de manera natural (256 kilómetros por año) o accidentalmente a las Islas Vírgenes (1963), Caimanes (1970), Puerto Rico (1973), Cuba (1974), en décadas posteriores en Española, Haití, República Dominicana, Bahamas.

De 1981 a 1986, hubo 13 intercepciones de material infestado procedente de República Dominicana hacia Miami, Estados Unidos.

En 1989, se registró la presencia del insecto en Florida, EE.UU., con impactos negativos claros sobre seis especies que ahora están en peligro de extinción: *O. stricta*, *O. humifusa*, *O. pusilla*, *O. corallicola*, *O. triacantha*, *O. cubensis*, (Habeck y Bennet, 1990). Los últimos reportes a la fecha indican que la palomilla se ha introducido ya en el estado de Georgia de ese mismo país y existe la posibilidad de que avance hacia el Suroeste de los Estados Unidos y llegue a los estados de Texas, Arizona y Nuevo México, amenazando grandes áreas con abundancia de opuntias y por consecuencia la posible invasión a México (Johnson y Stiling, 1998).

El estado biológico de *C. cactorum* que causa los daños al nopal son las larvas, las cuales consumen ávidamente sus tejidos internos. Una sola colonia de larvas puede consumir de dos a cuatro pencas causando putrefacción y decaimiento, amarillamiento y transparencia de las pencas. Las pencas terminales y subterminales son las más afectadas. Los troncos leñosos son generalmente evitados, lo que explica por qué las plantas más tiernas y suculentas son las más vulnerables al ataque. Adicionalmente, los daños ocasionados por las larvas de *C. cactorum* permiten la entrada de otros fitopatógenos como hongos y bacterias.

C. cactorum afecta gravemente a la mayoría de las platyopuntias y algunas cylindropuntias, reduce la tasa de producción de nuevos cladodios y producción de tunas, disminuye la tasa de producción y las poblaciones.

En este sentido resulta de suma importancia evitar la introducción de plagas cuarentenarias, mismas que se definen como cualquier especie, raza, biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales, con potencial económico para el Área de Análisis de Riesgo de Plagas para México, en 18 estados que presentan hospederos susceptibles y condiciones favorables para el desarrollo aún cuando la plaga no exista.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) establece en las normas internacionales para medidas fitosanitarias, las directrices del Análisis de Riesgo de Plagas (ARP), en la sección 1 de la reglamentación para la importación. La metodología de ARP, que actualmente se aplica en México, por la Dirección General de Sanidad Vegetal, está basada en los lineamientos emitidos por la FAO, con el propósito de facilitar el comercio y evitar el uso de medidas injustificadas como barreras al comercio internacional (SAGARPA, 1996b y Elizalde, 2001).

El Lineamiento Internacional preveé que la evaluación del riesgo para una plaga puede ser iniciado a partir de la vía de entrada de un nuevo producto o de un nuevo país de origen. El ARP consiste de tres fases: 1) iniciación del proceso el análisis del riesgo, donde se revisa la información proporcionada por el interesado y se complementa con bancos de información disponible en la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); 2) la evaluación del riesgo, en este apartado se establece el nivel de riesgo fitosanitario del producto y el nivel de protección que requieren las plagas asociadas al producto vegetal; 3) el manejo del riesgo, donde se establecen las medidas fitosanitarias para minimizar el riesgo fitosanitario del producto (SAGARPA, 1996b).

1.1 OBJETIVOS

- Documentar y sistematizar la información técnica necesaria para conducir un Análisis de Riesgo de Plagas (ARP), para la plaga de *Cactoblastis cactorum* elaborando una ficha técnica.
- Identificar zonas de riesgo productoras de nopal (*Opuntia* spp.) con potencial de establecimiento de *Cactoblastis cactorum* en México.
- Descripción del plan de acción y actividades desarrolladas para prevenir la introducción y establecimiento de *Cactoblastis cactorum* en México.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de las cactáceas en México

Las Cactáceas en México persisten al través de los siglos, como parte de una mítica leyenda, una gran variedad de descripciones alegóricas sobre la figura de esta hortaliza. El nopal, se inserta como elemento de desarrollo intrínseco al pueblo y cultura de nuestro país desde tiempos inmemoriales, aunque su propio y antiguo nombre es Tenuchtitlán, que significa fruta de piedra, porque está compuesto de Tetl, que es piedra y de Nuchtli, que es la fruta.

El nopal utilizado en nuestro territorio, tiene evidencias de hace 7,000 años en semillas, cáscaras de tuna y fibras de pencas de nopal fosilizadas, encontradas en excavaciones realizadas en Tehuacán, Puebla. Dentro de la historia de nuestro país, una imagen ligada a su desarrollo, la constituye el Nopal, elemento fundamental para la mitología histórica en la fundación de la cuna de la civilización azteca y su capital, Tenochtitlán. La planta llamada por los Aztecas nochtli o nopalli, es una cactácea endémica del continente americano perteneciente a los géneros *Opuntia* y *Nopalea*. Es una de las plantas más conocidas de América, pero se dice que México es sin duda el país donde más abunda. Esta bella planta con sus ovaladas hojas verdes y flores rojas figuró en el escudo azteca y luego en el escudo de la República Mexicana.

2.2 Origen de la Familia Cactáceae

La familia Cactáceae es originaria del Continente Americano; sin embargo, no se puede establecer exactamente la época de su aparición y origen debido a la ausencia de restos fósiles (Bravo, 1978), pero se considera que este grupo es relativamente joven desde el punto de vista evolutivo y se cree que las cactáceas se derivaron de las Portulacaceas. Otros investigadores suponen que existen dos centros de diversidad en el continente americano, uno al norte,

localizado en México y otro al Sur que comprende a Perú, Bolivia y Sur de Argentina (Cullmane *et al*; citado por Borbolla, 1999).

La familia Cactácea con 100 a 150 géneros y más de 1 500 especies, constituye uno de los componentes más importantes y numerosos de la flora mexicana, apenas superados en cantidad por la familia Leguminosae, Compositae y Gramínea, actualmente desde Canadá hasta el estrecho de Magallanes en América del Sur.

México por sus peculiares condiciones de latitud, topografía y clima alberga posiblemente la mayor cantidad de especies, las cuáles están representadas en los distintos tipos de vegetación.

Como resultado de su adaptación al medio seco presentan determinadas modificaciones estructurales; entre estas adaptaciones ecológicas destacan la reducción de superficie transpiratoria al adquirir formas globosas, hojas o su transformación en escamas, espinas y glóquidas, engrosamiento de la cutícula, orden fisiológico, capacidad de las raíces para absorber el agua con rapidez debido a la presión osmótica y el gran desarrollo del sistema de absorción, baja proporción transpiratoria durante los periodos secos, adaptación de algunas especies a los suelos salinos (Bravo, 1978).

2.3 Distribución geográfica de la Familia Cactáceae

De la distribución de las cactáceas se han desarrollado más en Norteamérica y que la mayor densidad corresponde a la República Mexicana.

En las zonas áridas y semiáridas de México se encuentran diversas especies de nopales cubriendo una superficie de 30 millones de hectáreas, de las cuales depende un gran número de productores que las consumen y las comercializan.

En la República Mexicana, los nopales prácticamente se localizan en todo tipo de climas, tanto en climas áridos semiáridos, cálidos, subcálidos, templados y fríos, en los Estados de Baja California, Baja California Sur, Campeche, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Hidalgo, Jalisco, México, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luís Potosí, Sonora, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán y Zacatecas; a cuya ecología se han adaptado a través del tiempo, adquiriendo formas y hábitos diversos (Bravo, 1978).

Se desarrolla en regiones áridas y semiáridas de nuestro país. De un total aproximado de 104 especies de *Opuntia* y 10 de *Nopalea* clasificadas en nuestro país, se utilizan 24 especies para consumos diversos, quince de ellas como nopal para forraje, seis para tuna, y tres para nopal verdura, siendo las últimas especies: *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia robusta* y la *Nopalea cochenillifera*; mismas que con sus diversas variedades existen en las principales zonas de producción de nuestro país.

2.4 Descripción botánica

Pertenecen a la familia de las cactáceas, que son plantas carnosas de formas diversas que almacenan jugos lechosos o gomosos que les permiten resistir la sequía; tienen una cutícula muy gruesa casi todos con espinas y por lo general sin hojas; crecen en climas cálidos y templados; sus flores constan de cáliz de muchos sépalos y pétalos, estambres indefinidos y ovario ínfero; su fruto es una baya. Se reproducen por semilla o por fragmentos de tallo.

Pertenece al grupo de las *Platyopuntias* que se caracterizan por presentar los tallos redondos y aplanados. Los nopales tienen tallos articulados, compuestos de piezas ovales o redondeadas (pencas) cubiertas de grupos de espinas, las hojas solamente se ven durante algún tiempo en pencas jóvenes. Sus flores en su mayoría son de un color amarillo y crecen en la parte superior de las pencas.

2.5 Información del cultivo de Nopal

2.5.1 Origen del Nopal

Son plantas típicamente mexicanas, muy abundantes y variadas particularmente en las regiones áridas. Algunas especies existen por el norte y sureste de los Estados Unidos y por el sur hasta Argentina y Chile, pero México posee el mayor número de especies.

2.5.2 Ubicación taxonómica

De acuerdo con Bravo (1978), clasifican al nopal de la siguiente forma:

Reino: Vegetal

Subreino: Fanerógamas

Tipo: Angiospermas

Clase: Dicotiledóneas

Serie: Diapétalas (Opuntiales)

Orden: Cactales

Familia: Cactácea

Subfamilia: Opuntioideae

Tribu: Opuntieae

Género: *Opuntia*

Subgénero: *Cylindropuntia*, *Conynopuntia*, *Grusonia*,
Opuntia y *Stenopuntia*

Especie: *Opuntia* spp.

2.5.3 Descripción del género *Opuntia*

El género *Opuntia* se caracteriza por ser plantas arbustivas o rastreras, con tronco bien definido o ramas desde la base. Estas pueden ser postradas o

extendidas con cladodios aplanados y carnosos. Las flores generalmente son hermafroditas con perianto regular, los segmentos exteriores son verdes más o menos coloridos, gradualmente en transición con los segmentos interiores del perianto que son de color amarillo, anaranjado y rojo hasta purpúreo. Los estambres y el estilo son más cortos que los pétalos, los estambres son numerosos y el estilo termina en varios lóbulos estigmáticos, su ovario es ínfero y presenta areolas provistas de gloquidios. El fruto es una baya carnosa seca y jugosa, esférica u ovoide, con múltiples semillas aplanadas, duras de color claro y provistas de un arillo grueso; sus frutos son comestibles en particular los de las especies *O. lindheimeri*, *O. streptacantha* y *O. ficus-indica* (Bravo, 1978).

La reproducción del género *Opuntia*, tiene lugar por multiplicación vegetativa o por medio de semillas. La multiplicación asexual o vegetativa puede realizarse a través de los tallos y del pericarpelo de algunos frutos debido a la actividad de las areólas vegetativas, cuando conservan activos sus tejidos embrionarios (Bravo, 1978).

2.5.4 Anatomía del género *Opuntia*

La anatomía del nopal está influenciada fuertemente por el ambiente donde se desarrolla. El agua por ser el principal factor limitante, es el que tiene mayor efecto, dentro de la evolución de esta especie se han generado modificaciones que le permite sobrevivir en ambientes áridos y semiáridos.

La epidermis tiene una gruesa película de cutina; el grosor de la cutícula es de 7-9 μ , pero esto depende de factores internos y externos; contienen una baja densidad estomatal, que es variable en cada especie.

Los haces vasculares integran un cilindro reticulado y aplanado, son cortos, de diámetro variable y tienen puntuaciones intervasculares alternas y perforaciones simples (Osorio, 1989).

2.5.5 Importancia y aprovechamiento del nopal.

La importancia económica y social del nopal en México radica en la gran superficie ocupada por nopaleras tanto silvestres como cultivadas, el tipo y el número de productores involucrados, así como las regiones en que se cultiva nopal y en la diversidad de los productos generados.

El nopal y la tuna fueron conocidos en distintas localidades de lo que hoy es México (Standley, 1924), tuvieron gran importancia tanto por los productos alimenticios que se obtenían de ellos como por sus cualidades medicinales.

Las Opuntias determinaron en muchos casos la formación de núcleos de población humana, pues distintas tribus errantes concurrían en la época de fructificación a las zonas habitadas por esta planta, y acabaron por fijar ahí su residencia (Bravo, 1978).

Según Callen (1976), la importancia alimenticia de *Opuntia* spp. para el hombre mesoamericano data de los 7,000 años Smith (1965, 1967), opina que quizás el género *Opuntia*, junto con el maguey, pudieron haber sido cultivos más tempranos del Valle de Tehuacán y ubica el probable inicio de su cultivo alrededor de 6,000 años.

La dieta de los antiguos mexicanos estaba basada principalmente en tuna, agave cocinado, mezquite, bellotas, piñonero, zarzamora, aguacate, venado, conejo, tortuga y palomas, lo cual nos da una evidencia de la importancia que tenía la tuna en la vida cotidiana de los indígenas.

El manejo y aprovechamiento del nopal, tanto silvestre como cultivado, es un recurso natural muy importante económica y culturalmente, pues en su gran variedad de uso, sigue siendo una fuente importante de satisfactores de auto consumo y de ingresos para los habitantes de las zonas semiáridas de México.

Las especies más ampliamente cultivadas y reconocidas por la calidad de sus frutos son *O. ficus indica*, *O. robusta*, *O. megacantha*, *O. streptacantha* y *O. amyroleae* (Barrientos, 1969).

Para la producción de verdura destacan *O. ficus indica* y *O. undulata* (Barrientos, 1969; Becerra *et al.*, 1975).

2.5.5.1 Importancia económica del nopal

La producción del nopal tunero entre los frutales ocupan el séptimo lugar en superficie, el noveno lugar en producción y noveno lugar en consumo per cápita. Esta gran superficie dedicada a la producción de tuna y nopalito involucra a un gran número de productores: 20 300 productores de tuna y 8 905 productores de nopalitos. Por lo tanto, la producción de divisas. Además, constituye un cultivo ideal para el uso alternativo de recursos no aptos para otras actividades, con un favorable impacto ecológico al conservar el suelo en áreas susceptibles de desertificación. El nopal cultivado en plantación para producir tuna ocupa 67,000 ha (Flores *et al.*, 1994).

2.5.5.2 Importancia social del nopal.

La producción de nopal ha permitido que grupos marginados y de subsistencia obtengan empleo, se arraiguen en el campo, produzcan alimentos y generen ingresos para sus familias. Esto ha sido posible porque el nopal, está adaptado a condiciones ambientales difíciles, con altas y bajas temperaturas y escasa precipitación pluvial, aunado a suelos pobres en nutrientes. También es resultado de que la población en México ha utilizado y mejorado el nopal durante milenios, de manera que actualmente se cuenta con excelentes variedades para producir fruta, verdura, forraje o grana cochinilla.

La superficie de nopal tunero se incrementó en los últimos 15 años en más del 40%, al pasar de 11,900 a 67,000 ha, lo que significa una tasa de crecimiento promedio anual del 9.64% en el periodo. En los cinco estados de la región Centro-Norte se encuentra el 50% de la superficie del nopal tunero nacional. En los años ochenta las superficies de nopal tunero en plantaciones era mucho mayor, pues se reportaba casi 80,000 ha a nivel nacional y unas 40,000 ha en la región Centro-Norte. Sin embargo, muchas de estas plantaciones se han abandonado para quedar en las cifras actuales.

2.5.5.3 Importancia del nopal tunero

El nopal tunero, en la actualidad es una importante especie de frutal que se explota bajo marcos definidos de plantación en varios estados de la República Mexicana.

Las principales ciudades de consumo de tuna son: México, Guadalajara, León, Celaya, Monterrey, Saltillo, Ciudad Juárez, Ciudad Victoria, Reynosa, Tampico, Chihuahua, Nuevo Laredo, Zacatecas, San Luis Potosí, y Aguascalientes (CODAGEM, 1982).

2.5.5.4 Importancia del nopal verdura

En la producción del nopal verdura en México, participan 18 estados, con un total de 10,500 ha con una producción de 575,575 toneladas, y una sola entidad, el Distrito Federal, participa con el 71.14% de la superficie, y el 78.2% de la producción total (SAGAR, 1996 citado por Flores, 1997). Sin embargo, únicamente Morelos y Sonora obtienen buenos rendimientos con 70 y 80 toneladas por hectárea.

Los productos y subproductos del nopal son muy solicitados en los mercados internacionales, principalmente Estados Unidos, Japón y países europeos (Salgado, 1984).

2.6. Distribución y desarrollo del nopal en México

2.6.1 Distribución del nopal

La familia de las cactáceas a la cual pertenece el nopal, es originaria de América y se encuentra distribuida a una latitud de 50° latitud Norte y Sur. El Género *Opuntia* donde están incluidos los nopales se encuentra ampliamente distribuido en el altiplano mexicano, (Bravo, 1937 y Flores, 1997).

La zona de las opuntias corresponde a la Altiplanicie mexicana en donde predominan los climas de estepa con variaciones de temperatura bastante marcadas, donde se encuentran representados los subgéneros *Cylindropuntia* y *Platyopuntia*, perteneciendo a este último los verdaderos nopales (Bravo, 1937), prácticamente se localiza en la mayoría de las condiciones ecológicas existentes en el país. Pero constituye comunidades con características fisonómicas o específicas formando el tipo de vegetación denominado matorral crasicaule, el cual ocupa en México una superficie cercana a los 3,000,000 ha, distribuidas en los Estados de Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Hidalgo, Chihuahua, Tamaulipas, Durango y Aguascalientes principalmente, aún cuando se le puede encontrar hasta el sur de Oaxaca (Flores, 1997).

2.6.2 Desarrollo del nopal en México

Según Flores (1994), el uso del nopal en México ha resultado del desarrollo de tres sistemas de producción, que actualmente se sigue utilizando como se muestra a continuación:

2.6.2.1 Nopaleras silvestres

Desde que el hombre llegó al actual territorio mexicano, utilizó el nopal (tunas, nopalitos y pencas) para su alimentación. La evidencia del conocimiento y el uso del nopal la encontramos en las excavaciones de Tamaulipas y

Tehuacan, Puebla, fechadas hace 700 años, donde se encontraron semillas fosilizadas y cáscaras de tuna, así como fibras y pencas de nopal. Actualmente las nopaleras silvestres están ampliamente distribuidas en las regiones áridas y semiáridas de México.

Las nopaleras silvestres de estas regiones se utilizan como fuente de forraje para ganado ovino, caprino y bovino de carne, también es usado en la alimentación de ganado bovino lechero. Otro uso que se les da a los nopales silvestres en los Estados de San Luis Potosí, Zacatecas, Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes, etc., es la recolección de tuna cardona (*Opuntia streptacantha* Lemaire) con el objeto de ser comercializada en los pueblos y ciudades de esta región donde es consumida en fresco, o bien destinada como materia prima a la agroindustria artesanal para producir dulce, queso de tuna, mermelada, melcocha, o la bebida alcohólica conocida como "colonche".

Un uso más que se le dá a las nopaleras silvestres es como nopalito, principalmente en el área que comprende un radio de 120 kilómetros alrededor de San Luis Potosí, donde las pencas tiernas del nopal tapón (*Opuntia robusta* Wendl) son cortadas, limpiadas y transportadas a las fabricas que lo preparan como nopalito en salmuera o escabeche, para el mercado de exportación y en segundo término, para el mercado nacional.

2.6.2.2 Nopaleras de huertos familiares

Esta forma de producción en México nace con la agricultura que se inició hace 4,500 años con la domesticación del maíz, frijol, calabaza, chile, amaranto, etc., conjuntamente, el hombre comenzó a seleccionar plantas útiles de su entorno para sembrarlas en la cercanía de su lugar de habitación, de los que resultaron lo que hoy conocemos como huertos familiares.

Actualmente los huertos familiares existen en el medio rural en todo México, pero en los que tienen el nopal como su principal componente se

encuentra en la Mesa Central y en la Mesa del Norte. Entre estos los que presentan una mayor diversidad de variedades son los que se encuentran en los límites entre mesoamérica y la región chichimeca, o sea entre los límites de los pueblos sedentarios y los nómadas al momento de la conquista. Estos huertos se encuentran en Zacatecas, San Luis Potosí, norte de Guanajuato, Jalisco y Aguascalientes.

Los huertos familiares han producido la tuna y el nopalito para autoconsumo y los mercados de los pueblos y ciudades, desde la época prehispánica hasta la actual. Durante este gran periodo de tiempo, en los huertos se dieron de manera natural, cruza entre especies y variedades que fueron seleccionadas por los productores, de manera que actualmente las variedades de los huertos familiares son superiores (en sabor, tamaño, color, etc.) a las tunas de las nopaleras silvestres.

2.6.2.3 Nopaleras de plantación

Debido al crecimiento poblacional, y a la demanda de tuna y nopalito, los productores comenzaron a seleccionar las mejores variedades de los huertos familiares para pasarlas a las parcelas agrícolas, con lo que se inicio el sistema de plantación en los Estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes y Estado de México. En esta época las Universidades comenzaron a interesarse en el cultivo del nopal y desarrollaron variedades y sistemas de cultivo.

2.7 Ecología del nopal en México

El nopal se desarrolla en temperaturas que oscilan entre los 6°C hasta los 27° C, estando la óptima entre 18° C y 20° C, temperaturas inferiores a 10° C causando daños, principalmente en plantas jóvenes, se puede encontrar desde cero hasta 2,675 metros sobre el nivel del mar, sin embargo, algunos autores mencionan que el nopal se desarrolla mejor entre los 800 y 2,500 metros de

altitud en lugares donde la precipitación media anual oscila entre 116 y 1,805 mm, aunque pueden llegar a desarrollarse en condiciones de mayor aridez (Nava, 1981).

Los mejores suelos para el desarrollo del nopal son los arenosos calcáreos, sueltos, poco profundos y de preferencia con pH alcalino, puede crecer en terrenos pedregosos, tepetatosos y muy someros. En general, su óptimo desarrollo de las nopaleras son convenientes los suelos de textura arenosa y arena arcillosa, siempre que sea calcárea y con alto contenido de sales. Por el contrario, su crecimiento es pobre en suelos compactos y húmedos (Velázquez, 1962).

2.8 Características botánicas

Raíz

Posee un sistema radicular pivotante de origen primario corto; también se presentan raíces secundarias abundantes y filamentosas las que se extienden ampliamente en el suelo. El sistema radical alcanza un notable desarrollo y poder de penetración a través de las rocas, capas calizas y tepetates fijando a la planta fuertemente al suelo.

Tallo

Son plantas arborescentes que pueden medir de 3 a 5 m de altura o más. El tronco es leñoso bien definido de 0.60 a 1.50 m de altura y de 20 a 30 cm de diámetro. Normalmente en las plantaciones comerciales su altura es de 0.80 a 1.20 m debido a los cortes que se realizan en la poda de formación. El tallo está formado por artículos oblongos de 30 a 40 cm de largo y de 10 a 20 cm de ancho y de 1.0 a 2.0 cm de grosor, color verde opaco, estos artículos también reciben el nombre de "cladodios" o "pencas", que integran ramas de varios artículos que forman una capa muy ramosa.

El tallo del nopal tunero está compuesto por cladodios aplanados, discoideos y elípticos, generalmente la base del tallo es cilíndrica. Es el órgano de almacenamiento de agua por excelencia y el lugar donde se realiza la fotosíntesis. Desde el punto de vista fisiológico sustituye la función de las hojas (Pimienta, 1990).

Hojas

Según Benson (1963), citado por Pimienta (1990), en los géneros de subfamilia opuntioideae, las hojas son de forma cónica puntiagudas y se diferencian durante el desarrollo de sus cladodios jóvenes; después de 30 a 40 días se desprende del cladodio y son remplazadas por espinas, de tal modo que en pencas maduras de un año ya no es posible diferenciar éstas estructuras y en ausencia de hojas permanentes, el proceso fotosintético se realiza en los tallos verdes.

Pencas

Estos artículos tienen en su superficie areolas distantes separadas entre sí de 2 a 5 cm pequeñas angostamente elípticas, de 2 a 4.5 mm de largo y 3 mm de ancho. Espinas casi siempre ausentes cuando los artículos son grandes, al igual que las hojas subuladas, estas dos se presentan cuando el cladodio tiene de 15 a 25 cm de longitud, cuando es mayor de los 35 cm de longitud, las espinas y hojas subuladas caen.

Flores

El nopal posee flores hermafroditas aunque en *Opuntia robusta* es frecuente encontrar flores unisexuales. Generalmente se forma una flor por areola, y las flores son sésiles (nace hacia la extremidad o corona de los cladodios) y efímeras, esto es que abren y cierran el mismo día, Las flores son de ovario ínfero, miden de 7 a 10 cm de diámetro y como de 5 a 8 cm de largo;

segmentos exteriores del perianto obovados hasta ampliamente cuneados, agudos hasta truncados, enteros, mucronados o denticulados, amarillos con la porción media rojiza o verdosa; segmentos interiores del periantio angostamente obovados hasta angostamente cuneados, truncados hasta redondeados, enteros, mucronados o denticulados, amarillos hasta anaranjados, pericarpelo con algunas espinas pequeñas caducas.

Frutos

Alvarado (1978) describen desde el punto de vista botánico, como una baya al fruto del nopal tunero, de acuerdo con sus características, es un fruto accesorio por desarrollarse de un ovario ínfero, formado a partir de los carpelos y del tejido axial adyacente o pericarpelo, mide de 5 a 10 cm de largo y de 4 a 8 cm de diámetro, su parte inferior es de color anaranjado, rojo o purpúreo, con abundante pulpa carnosa, algo umbilicado. La porción comestible del fruto se origina de células papilares de la epidermis dorsal de la envoltura fonicular y del funículo de las cubiertas de las semillas.

2.9 Especies y variedades utilizadas como nopal verdura

Se puede afirmar que todas las especies de nopal silvestre o cultivado, son aptas para el consumo como verdura fresca; este tipo de verdura corresponde a brotes tiernos que producen las plantas de nopal en diferentes épocas del año; sobre todo en la época de primavera.

En el estado de San Luis Potosí, las especies que se explotan en mayor proporción para consumo como verdura fresca o para enlatarlos son: *Opuntia Streptacantha* y *Opuntia robusta*, que crecen en forma silvestre.

En la producción de brotes tiernos para verdura existen variedades especiales, entre las que encontramos las siguientes:

Variedad Tlaconopal (*Opuntia inermis*) produce brotes carnosos, con espinas y su sabor no es agrio.

Variedad Copena F-1. Obtenida en el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, se caracteriza por una buena capacidad para la producción de brotes suculentos, sin problemas de acidez, sin espinas y poco mucílago, incluso con cierto grado de resistencia a heladas durante el invierno. Esta variedad se considera de triple propósito (verdura, fruto y forraje).

Variedad Milpa Alta. Se cultiva principalmente en la Delegación Milpa Alta, México, D. F., presenta brotes de buena calidad con pocas espinas, de buen sabor y poco mucílago es una de las variedades de verdura más difundida en las huertas productoras de nopal para verdura, debido principalmente a que se dispone de bastante material vegetativo para su propagación y distribución.

Variedad Atlixco no mejorada. Se encuentra en las localidades de Tlaxcalancingo, Municipio de Chipilo, Distrito de Atlixco, Puebla, su tamaño de pencas es mucho más grande que la Italiana, sus dimensiones son aproximadamente 45-50 cm de largo por 35-40 cm de ancho, sus brotes son muy suculentos, de color verde oscuro.

Las plantaciones comerciales de nopal verdura se ubica en once entidades federativas, destacando por su importancia económica y productiva: San Luis Potosí, Oaxaca, Jalisco, Puebla, Michoacán, Morelos y México, D. F., que concentraron mas del 97% de la superficie y el 99% del volumen de la producción nacional. México, D. F. es el que más destaca por su importancia en la explotación de esta cactácea. La región de Milpa Alta sobresale como productora de nopales para verdura (cuadro 1), pues semanalmente produce aproximadamente 1,500 toneladas (García, 1990).

Caudro 1.- Principales variedades Cultivadas de Nopal Verdura

Variedad	Entidad de Producción	Especie
Milpa Alta	Distrito Federal, Morelos	O. ficus-Indica
Atlixco	Puebla, Edo. de México	
Copena VI	Edo. de México, Baja California, San Luis Potosí, Sonora, Hidalgo	
Copena F1	Edo. de México, Sonora, Baja California	
Moradilla	Edo. de México	
Blanco	Michoacán	
Negro	Michoacán, Guanajuato	
Blanco con espinas	Guanajuato	
Polotitlán	Edo. de México	Nopaken cochellnifera
Tamazunchak	San Luis Potosí, Hidalgo	
Tapón*	San Luis Potosí, Zacatecas, Guanajuato, Durango, Aguascalientes, Jalisco, Querétaro	O. robusta

*Nopal silvestre y plantado como cerco de huertos familiares y parcelas agrícolas, objeto de recolección.

Fuente: "Mercado mundial del nopalillo" ASERCA, UAM, CUESTAAM, México, 1995.

Caudro 2.- Superficie cultivadas de Nopal Verdura

Estado	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Volumen Producción (Ton)	Valor Producción (\$)	Rendi miento (Ton / Ha)	Precio Medio Rural (\$ / Ton)
Aguascalientes	235	235	9,573	18,519,925	40.7	1,934
Baja California	427	361	11,347	21,148,111	31.4	1,863
Baja California Sur	56	17	42	256,620	2.5	6,000
Colima	13	13	281	1,087,500	20.9	3,863
Chihuahua	10	0	0	0	0	0
Distrito Federal	4,336	4,336	276,470	472,458,087	63.8	1,708
Durango	9	1	4	7,480	4	1,870
Guanajuato	169	143	2,409	6,350,000	16.8	2,635
Guerrero	13	13	202	680,000	15	3,366
Hidalgo	44	40	3,670	16,920,350	90.6	4,610
Jalisco	429	427	5,555	48,530,250	13	8,736
México	623	623	8,2007	150,922,500	131	1,840
Michoacán	273	248	6,482	7,753,120	26	1,196
Morelos	2,000	2,000	185,650	396,040,000	92.8	2,133
Nayarit	67	65	557	3,325,900	8.54	5,971
Oaxaca	32	32	1,025	1,025,000	32	1,000
Puebla	104	104	7,051	25,987,787	67.8	3,685
Querétaro	25	25	79	236,033	3.2	2,987
Quintana Roo	4	4	94	423,000	23.5	4,500
San L. Potosí	388	378	1,200	540,108	3.2	450
Sinaloa	9	9	31	117,000	3.5	3,726
Sonora	40	40	309	852,100	7.7	2,757
Tamaulipas	528	520	2,284	4,368,295	4.4	1,912
Veracruz	8	8	233	373,840	27.3	1,600
Zacatecas	361	361	11,116	14,263,700	30.8	1,283
TOTAL	10,203	10,003	607,671	1,192,186,706	Prom. 31.6	

Fuente: SIAP, 2005. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON).

Cuadro 3.- Principales variedades de nopal tunero cultivadas en México

Variedad	Entidad donde se produce	Especie
Villanueva	Puebla	<i>O. amyclaea</i> *
Alfajayucan	Edo. de México, Hidalgo	
Burrona	Zacatecas, Jalisco	
Cristalina	Zacatecas, Jalisco, Aguascalientes	
Reyna	Guanajuato, Zacatecas	<i>O. amyclaea</i>
Gavia	San Luis Potosí	
Esmeralda	Guanajuato, Querétaro	
Rojo Pelón	Guanajuato, Zacatecas, Jalisco, San Luis Potosí	
Rubí Reina	Zacatecas, San Luis Potosí	
Torreaja	Jalisco, Zacatecas, Aguascalientes	
Morada	Aguascalientes	
Amarilla Monteza		
Miquihuana	Zacatecas, Jalisco	
Amarillo Huesona	Tamaulipas, San Luis Potosí	
Pico chulo	Zacatecas, Jalisco	
Cardón	Zacatecas, Jalisco, Aguascalientes	
	Zacatecas, Durango, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, etc.	

*Según Bravo (1975) se trata de *O. megacantha*

Fuente: Flores *et al.*, 1994.

Caudro 4.- Superficie cultivadas de Nopal para tuna

Estado	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Volumen Producción (Ton)	Valor Producción (\$)	Rendimiento (Ton / Ha)	Precio Medio Rural (\$ / Ton)
Aguascalientes	931	654	2,686	3,282,591	4.1	1,222
Coahuila	131	0	0	0	0	0
Guanajuato	822	751	6,697	16,347,190	14	5,184
Guerrero	2	2	9	36,000	4.5	4,000
Hidalgo	5,694	4,700	32,189	42,442,796	17.3	5,740
Jalisco	2,130	1,825	9,120	27,440,000	5	3,008
México	15,677	15,677	179,914	198,161,386	44	6,653
Michoacán	6	6	70	193,108	26.3	5,480
San L. Potosí	5,984	3,723	26,788	37,989,600	26.4	3,776
Zacatecas	16,789	14,021	80,166	122,759,290	20.5	5,512
TOTAL	48,166	41,359	337,639	448,651,961	Prom. 18.1	

Fuente: SIAP, 2005. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON).

Caudro 5.- Superficie utilizado como Nopal Forrajero

Estado	Superficie Sembrada (Ha)	Superficie Cosechada (Ha)	Volumen Producción (Ton)	Valor Producción (\$)	Rendimiento (Ton / Ha)	Precio Medio Rural (\$ / Ton)
Aguascalientes	1,214	904	27,344	5,099,219	30.3	186
Coahuila	8,152	1,998	16,614	3,090,334	8.3	186
Chihuahua	25	25	327	108,200	13.1	330
Guanajuato	6	3	67	38,300	22.3	571
Jalisco	54	16	185	63,100	11.6	341
Zacatecas	597	591	38,513	22,353,100	65.2	580
TOTAL	10,048	3,537	83,050	30,752,253	Prom. 25.1	

Fuente: SIAP, 2005. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON).

2.10 Usos del Nopal

El nopal es un recurso vegetal de mucha importancia para los pobladores de la mayor parte del territorio mexicano.

La penca joven se usa principalmente como verdura y es la base para preparar sabrosos, nutritivos y muy variados platillos (más de 100 formas diferentes); pero también con ella se hacen tamales, panes, dulces, mermeladas y nieves. En los guisos generalmente hay otros ingredientes además de nopal, lo que aumenta el porte de nutrimentos al cuerpo, que radica principalmente en calcio, potasio, fósforo, sodio, vitamina C y fibra.

En México la producción de nopalito se concentra en el centro del país y se presenta una sobre oferta casi todo el año a excepción del invierno cuando se presentan heladas en la mesa central. La demanda en cambio es homogénea todo el año, con pequeños periodos de mayor demanda como Semana Santa y Navidad (Flores, 1992).

En México se industrializa el nopalito para alimentos, cosméticos y productos medicinales. Sin embargo, la industrialización del nopalito en salmuera es con mucho la más importante (Flores, 1992).

En la industria alimentaria, el nopalito se utiliza en la elaboración de enlatados de comidas típicas, en escabeche, sopas, panes, postres y mermeladas. La pectina es un agente gelificante ampliamente utilizado en la industria alimentaria para la elaboración de confituras. La pectina de nopal puede ser la sustancia que ejerce aislada o conjuntamente con otras sustancias vegetales el efecto hipoglucemiante (Flores, 1992).

Los tallos o pencas tiernas del nopal (*Opuntia* sp.), se han utilizado desde el México prehispánico como un remedio popular contra la diabetes mellitus. En el extranjero las investigaciones en especial del Dr. Reinsen de Nueva York se

orienta a demostrar la existencias de receptores específicos que respondan a una mayor sensibilidad corporal a la insulina; todavía en vías de comprobación.

El nopal tiene una amplia gama de usos; desde agregado a la construcción utilizando en forma de goma como aglutinante en la conformación y protección de muros, techos de adobe y pinturas; cerco vivo para delimitación, control y uso de limitantes territoriales; como barrera ecológica de conservación; estabilización de dunas reforestación con fines comerciales y restauración de terrenos. Tiene excelentes usos forrajeros como complemento con alimentos fibrosos en la alimentación animal, en pastoreo o de silo. Es relevante su uso como forraje estratégico para zona de pastoreo áridas y semiáridas; verdura en fresco, salmuera o escabeche para el consumo humano. Además es base para dulces cristalizados, mermeladas y jaleas, edulcorantes harinas y jugos concentrados.

Se utiliza principalmente como forraje, pero igualmente se comercializan las pencas tiernas para venderse como verdura. Las pencas tiernas del nopal las preparan en escabeche, salmuera y encurtidos; se cocinan caldos, cremas, sopas, ensaladas, guisados, o en empanadas, huevos, platos fuertes, salsas, "antojitos", bebidas y postres. Para la dieta: jugo de nopal (con xoconostle, piña, apio, perejil, toronja). Sugerimos que al terminar de leer este suplemento prepare un rico menú: tlacoyo de nopal, terrina de atún con nopales, pico de gallo con xochonostle (jícama, cebolla, chiles serranos, limón y sal) o de tuna (piña, azúcar y mezcal), ensalada de nopal (ajo, pimientas, hierbas, clavos, canela en raja, jitomate), sopa de frijol con nopales, mole de olla y xoconostles; cerdo, chamorro, hamburguesas o salpicón con nopales. Si es vegetariano, quelites, tamales, tacos o chalupas con nopales, chile poblano relleno de nopal con queso, algo dulce: yogurt o nieve de tuna verde y para beber pulque curado de tuna roja. En México la ingesta anual per capita es de 6.4 kilos de nopal.

El nopal tiene una amplia gama de usos, en la industria de la construcción se puede utilizar en forma de goma como aglutinante en la conformación y protección de muros, techos de adobe y pinturas; así como cerco vivo para delimitación territorial.

Se emplea también como barrera ecológica en la conservación, estabilización de dunas, reforestación con fines comerciales y restauración de terrenos.

En el pastoreo de zonas áridas y semiáridas tiene excelentes usos como forraje y complemento alimenticio para el ganado sobre todo lechero.

En los tradicionales usos medicinales naturistas, con probadas propiedades terapéuticas, como cataplasma para golpes, contusiones, hinchazones, quemaduras; analgésico, diurético y antiespasmódico.

En extractos o polvos de nopal deshidratado como auxiliar para tratamientos para la diabetes, hipelipidemias y para disminuir peso corporal, cuando se ingiere previamente a los alimentos.

En la industria de cosméticos se utiliza como materia prima para artículos de tocador, shampoo, jabón y cremas.

Como elemento decorativo, planta de ornato y base para obtención de pigmentos de uso múltiple. Combustible y aclarador de agua.

Un capítulo aparte dentro de estos usos, lo merece la explotación comercial del nopal como base para la obtención de grana cochinilla, insecto plaga cuyo cadáver sirve para elaborar colorantes.

Con la producción de anilinas y sustancias químicas sintéticas decae el auge que tuvo esta industria. Sin embargo, en épocas recientes recobra impulso y en la actualidad se ha convertido nuevamente en una industria rentable para producir materia prima dentro de un creciente y competitivo mercado de colorantes naturales, por el preciado ácido carmínico.

Para evitar la baba del nopal se congela o se cuele. Recomiendan también ajo, bicarbonato, cáscara de tomate, hoja de maíz, jugo de limón, ceniza o piedra volcánica en el agua.

El doctor Claudio Flores, del Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) de Chapingo, hizo un inventario de empresas que elaboran diversos productos a base de nopal: shampoo, enjuagues, crema para manos y cuerpo, jabón, acondicionador, mascarilla humectante, crema de noche, gel para el cabello, gel reductor, gel para la ducha, loción astringente, mascarilla estimulante y limpiadora, jabones, pomada y cosméticos: sombras para ojos, rubor, lápiz labial con cochinilla.

Las especies de nopal no comestibles se explotan en diversas industrias para la elaboración de gomas, látex, mucílago e impermeabilizantes, y también en sustancias anticorrosivas. (Vigueras y Portillo 2001).

2.11 Requerimientos del cultivo

Temperatura

En la mayoría de las regiones del territorio nacional están presentes las poblaciones silvestres del nopal, la temperatura óptima para su cultivo oscila entre los 16 a 28° C, soportando una máxima de 35° C, sin sufrir afecciones graves.

Las temperaturas mínimas van de 10 a 0° C y afectan fuertemente al cultivo, pudiendo incluso causar su muerte en el caso de las heladas por debajo de las temperaturas mencionadas.

Agua

El grado de precipitación varía desde los 150 hasta 800 mm media anual. Si la humedad relativa del medio ambiente aumenta la planta se afecta en su crecimiento, así como si está expuesta a los ataques de plagas y enfermedades.

Altura

El nopal se cultiva a una altura de los 800 a los 2,400 metros de altura sobre el nivel medio del mar, aún cuando se encuentra hasta los 3,000.

Tipo de suelo

El tipo de suelo en que se desarrolla es el volcánico y calcáreo de textura franca; en los franco-arenosos, franco arenoso-arcillosos y arenas francas, con un pH de 6.5 a 8.5. Existen especies de nopal que ayudan a la estabilización de dunas, en las costas

Fertilización

Nobel (1994), comenta que basándose en los requerimientos nutrimentales del nopal tunero, un terreno se puede considerar suficientemente fértil si contiene las cantidades que la planta extrae de éste.

Cuadro 6. Contenidos óptimos de elementos en el suelo para el cultivo del nopal tunero.

Elemento	No Abonar o Fertilizar Si están en rango
Nitrógeno total (N) (%)	0.5 – 1.0
Fósforo asimilable (P ₂ O ₅) ppm	80 – 250
Oxido de potasio asimilable (K ₂ O) ppm	150 – 250
Calcio (Ca ⁺⁺) ppm	2000-3000
Magnesio (Mg ⁺⁺) ppm	200-300
Hierro (Fe ⁺⁺) ppm	5-10

Fuente: Fanzone, 1991.

Abonado y fertilización en nopal

A pesar de que al nopal se le ubica como una planta rústica, ésta planta responde favorablemente a la aplicación de abonos orgánicos o químicos. Donde los abonos o fertilizantes se agregan al suelo o a la planta misma, con la finalidad de suministrar a ésta los requerimientos necesarios para su crecimiento, desarrollo y asegurar su rentabilidad. Lo anterior es teniendo en cuenta que los estiércoles fueron la única fuente de abono de los suelos agrícolas hasta antes de generalizarse el empleo de los fertilizantes sintéticos. (Flores y Olvera 1994; Mendez y Martínez 1990. y Pimienta, 1986).

Requerimientos nutricionales del nopal tunero

Los requerimientos nutricionales del nopal son semejantes a los de otros cultivos. Nobel, (1994); efectuó una comparación del nivel de nutrimentos en tejido vegetal del nopal y los cultivos de hojas normales, con respecto al N, P y Ca, encontrando que el nopal en sus tallos contiene menos N y P que las hojas

de otros cultivos, mientras que el nivel de calcio es mayor en el cultivo del nopal. López y Cruz (1990) reportaron que el Fe y Na cuando se encuentran en altos contenidos en la raíz del nopal, se sugiere la existencia de mecanismos de retención y acumulación de estos, y con ello una escasa traslocación hacia las partes aéreas.

Zúñiga (2002), trabajando con niveles de estiércol aplicados a diferentes profundidades en el terreno, encontró una tendencia positiva con los elementos observados en el nopalito, esto de acuerdo con las dosis del estiércol bovino.

Baca (1990), reporta que el nopal puede mostrar síntomas de deficiencias bajo ciertas condiciones especiales, entre las cuales se encuentra:

Nitrógeno; Antes de emitir el segundo o tercer cladodio, se observa una mancha en el borde superior del cladodio, antes de la emisión de la yema vegetativa, transformándose en tejido corchoso, inhibiéndose en ocasiones dicha brotación.

Fósforo; Las plantas deficientes en fósforo, forman espinas abundantes, pequeñas y de color rojizo, también la brotación es nula, aún del primer cladodio.

Baca (1990) también vinculó la falta de brotación y la no diferenciación de cladodios del nopal a la deficiencia múltiple de N, P, y Ca, y observó por el contrario, que el B, Mn, y Fe, fueron requeridos en cantidades relativamente bajas. Las evaluaciones efectuadas por Baca, se realizaron mediante cultivo hidropónico, donde la composición química fue la siguiente: en meq/L. 15 en N, 1 de P, 6 de K, 8 de Ca, 4 de Mg, y 4 de S; en ppm: 4 de Fe, 0.5 de B, 0.5 de Mn, 0.05 de Zn, 0.02 de Cu, y 0.01 de Mo; del total de N, 1 meq/L se proporcionó en forma de NH_4^+ y el resto como NO_3^- . El pH de la solución fue de 5.5.

La fertilización del nopal, no es una práctica muy generalizada entre los productores de nopal, donde las fuentes, dosis y épocas de aplicación varían mucho de región a región (Pimienta, 1986 y Sztern Pravia, 1999).

Propagación

La propagación se puede realizar de dos maneras:

- 1.- por reproducción sexual.
- 2.- Por reproducción asexual o vegetativa o multiplicación.

Periodo de siembra

La plantación se hace en los meses de abril a mayo, y en octubre y noviembre posterior a las lluvias, en un terreno limpio, preparado y en cepas de 40x40x40 centímetros. La penca se entierra hasta la mitad de su largo y se apisona levemente la tierra. La plantación se realiza con una densidad de 40,000 a 55,000 plantas por ha, dependiendo de la variedad, condiciones y características del suelo y del clima del lugar.

Para el nopal forrajero y las cercas vivas de nopal, las líneas de plantación se hacen con arado de subsuelo, acomodándolas manualmente en el terreno.

El sistema intensivo de producción de nopal verdura en micro túneles empieza a difundirse en diversas regiones, ya que en áreas de 30 metros cuadrados se pueden plantar hasta 1,500 pencas con poca infraestructura.

Cuando el material de reproducción es muy selecto o escaso, se utiliza el método de fracciones mínimas. Las pencas después de 10 días del corte a la sombra, se cortan en 4, 6 u 8 fracciones por penca. Se colocan en caldo bordelés al 2% (2-2-100, cal, sulfato de cobre tribásico y agua) y se dejan a la sombra de 7 a 15 días. Se construye un almácigo a cielo abierto de 1 a 1.5 m de ancho, con una mezcla de composta en el suelo de arena, tierra y estiércol, cubriendo ligeramente con esta mezcla y aplicando riegos ligeros durante 7 días

hasta el inicio de su enraizamiento. Así permanecen por 6 meses hasta estar listos para su trasplante al terreno definitivo.

Manejo de las Plantaciones

El nopal es una planta rústica que prospera sin necesidad de realizar un gran número de labores culturales, pero si se quiere llegar a tener éxito económico en las plantaciones comerciales, se debe realizar algunas prácticas de manejo para obtener un mayor rendimiento por unidad de superficie, estas son:

Podas

La poda en el nopal al igual que en otros frutales, se realiza con el fin de incrementar el rendimiento y calidad de la tuna. Los objetivos de la poda son similares a los que se persiguen con otras especies frutales.

Probablemente uno de los principales es reducir el sombreado que se presenta entre las mismas pencas, otro es evitar el cruzamiento de pencas que ocurre durante el desarrollo de la planta; éste cruzamiento causa heridas entre pencas por las espinas, además la poda permite eliminar oportunamente las pencas dañadas por plagas y enfermedades y también permite controlar el crecimiento de la planta lo cual dificulta la cosecha manual de frutos, cuando la altura de la planta excede de 1.5 metros. Los tipos de poda que se sugiere realizar al nopal son los siguientes: Poda de formación, poda de fructificación, poda sanitaria y poda de rejuvenecimiento.

Cosecha

La producción de tuna es anual, la cosecha del fruto comienza a partir de la primera quincena de agosto y tiene una duración de 45 a 50 días (Bautista, 1982).

Debido a las características morfológicas de la planta (presencia de espinas), la cosecha de la tuna es lenta y ardua, por lo que la eficiencia de los recolectores (cortadores) es baja. Esta es probablemente la actividad que incrementa más los costos de cultivo en nopal tunero.

Generalmente la cosecha de la tuna se lleva acabo durante las primeras horas del día (de 6 a 11 a.m.), porque en estas horas es menor la intensidad del viento. Este factor climático es una limitante para la cosecha, ya que desprende las espinas (ahuates) de los frutos y se incrusta fácilmente en el cuerpo de los cosechadores.

Para el caso de nopal verdura, la cosecha se realiza durante todo el año, una o dos veces por semana, de acuerdo con el tamaño de la parcela, pero la época en que se efectúa con más frecuencia por ser más elevada la producción, es en abril y mayo (Bautista, 1982).

Manejo post-cosecha

El nopal se corta cuando presenta una longitud de 18 a 23 centímetros. Si la venta es por peso, se buscan nopales de mayor tamaño. Sin embargo al crecer el producto se vuelve más fibroso y correoso, perdiendo su gran atributo de calidad, lo tierno del nopal.

Este producto puede llevarse en forma inmediata a la venta sin ningún tipo de tratamiento. En un área con sombra, se puede empacar de diversas maneras para su distribución. A granel en camioneta, sólo se acomoda para su venta en los mercados locales.

Es común entre los productores el uso de canastos o colotes cuando se vende con espina, tiene una capacidad de 200 nopales de 18 a 23 centímetros.

Se utiliza el costal cuando el producto se vende en centrales de abastos o mercados de centros urbanos.

Cajas de cartón son utilizadas para su transporte y comercialización en las zonas del norte de México, el producto exportado para los mercados de Estados Unidos en empaques de 10 a 15 kilogramos. La reja de madera es usada en el nopal que se vende en Milpa Alta, para ciudades lejanas como Torreón, Monterrey, Morelia, Guadalajara, etc., este es un envase común utilizado en las diversas zonas productoras.

2.12 Regulación fitosanitaria internacional

Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF)

La normalización fitosanitaria se ha venido desarrollando desde hace mucho tiempo, antes y durante el período de la postguerra ya existían en vigencia tres convenciones encargadas de esta normalización, estas eran: la Convención Internacional que toma las medidas contra *Phylloxera vastatrix*, del 3 de noviembre de 1881, la Convención Adicional firmada en Berna el 15 abril de 1889 y la Convención Internacional para la Protección de las Plantas, suscrita en Roma el 16 de abril de 1929 (Gutiérrez, 1998).

Desafortunadamente, ninguna de las anteriores convenciones fue efectiva a gran escala, por lo que el 6 de diciembre de 1951 en la ciudad de Roma Italia, se estableció la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria, cuyo objetivo principal dentro de la cooperación internacional fue prevenir la introducción y propagación de plagas de plantas y productos vegetales, y promover medidas para su control. La convención señala los respectivos papeles de las organizaciones nacionales de protección fitosanitaria, las organizaciones regionales y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés), donde ésta última

es la depositaria de dicha convención. México forma parte de esta convención desde 1982. Con el propósito de actuar eficaz y conjuntamente para prevenir la dispersión e introducción de plagas de plantas y productos vegetales y de promover las medidas para combatirlas, las partes contratantes se comprometen adquiriendo responsabilidades (Gutiérrez, 1998).

Entre éstas medidas, se pueden señalar: la adopción de medidas legislativas, técnicas y administrativas, para el cumplimiento de los objetivos. El establecimiento de una organización oficial de protección fitosanitaria; incluyendo con esto: inspecciones de campo, inspección de plantas y productos vegetales movilizadas en el comercio internacional, tratamiento de las consignaciones, emisión de certificados fitosanitarios, distribución de información de plagas y su control, e investigación sobre protección vegetal (Gutiérrez, 1998).

Otra responsabilidad es la promoción de organizaciones regionales para atender problemas comunes; estas organizaciones funcionan como organismos de coordinación en las zonas de jurisdicción, participan en las actividades encaminadas a alcanzar los objetivos de esta convención y, cuando así convenga, acopiar y divulgar información. Asimismo, adoptar las disposiciones para la expedición del Certificado Fitosanitario, que deberá ser emitido para indicar que la consignación está de acuerdo con los reglamentos de protección fitosanitaria, igual que el permiso de entrada al país importador; así como, la implantación de sistemas de información mundial de plagas, donde todas las partes contratantes establecen un servicio mundial de información fitosanitaria utilizando los medios y servicios de las organizaciones existentes; proporcionando datos sobre la existencia, aparición y difusión de plagas y enfermedades de plantas y productos vegetales, así como datos sobre los medios que se consideren eficaces para combatirlas (Gutiérrez, 1998).

Principios de cuarentena fitosanitaria en relación con el comercio internacional

Cada país, en su comercio internacional tiene presentes los siguientes principios de cuarentena fitosanitaria que Gutiérrez (1998) señala; Soberanía, Necesidad, Repercusiones mínimas, Modificación, Transparencia, Armonización, Equivalencia, Solución de controversias, Cooperación, Autoridad técnica, Análisis de riesgo, Actuación ante los riesgo, Zonas libres de plaga, Medidas de urgencia, Notificación de incumplimiento y No discriminación, con la finalidad de evitar la entrada de organismos plagas de importancia cuarentenaria a su territorio.

Organización Mundial de Comercio (OMC)

El Acuerdo General Sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT), nace el 30 de octubre de 1947, donde participaron 23 países: Bélgica, Birmania, Brasil, Canadá, Ceilán, Cuba, La Antigua, República Checa, Eslovaquia, Chile, China, Estados Unidos, Francia, India, Líbano, Luxemburgo, Noruega, Nueva Zelanda, Países Bajos, Paquistán, Reino Unido, Rhodesia del Sur, Siria y Sudáfrica; cuyo objetivo principal fue, establecer lineamientos para evitar la adopción de medidas restrictivas al comercio, por parte de un determinado país (Gutiérrez, 1998).

México pidió en 1986 su ingreso al GATT y en 1988 fue aceptado. En este sistema se establecen los códigos de conducta; sobresaliendo los aspectos de barreras no arancelarias, que equivalen a las barreras sanitarias y fitosanitarias que influyen en el comercio internacional de productos vegetales, que si bien impactan en el comercio, permiten defender la seguridad del hombre, de las plantas y los animales; así como el medio ambiente. Para que los gobiernos no utilicen prescripciones sanitarias o fitosanitarias injustificadas para restringir el comercio, a partir del 1º de enero de 1995 el GATT, se consolida como la

Organización Mundial de Comercio (OMC) con sede en Ginebra, Suiza y actualmente cuenta con 81 países y territorios miembros que representan el 90% del comercio internacional de bienes y servicios. Fue en este contexto que se negoció un acuerdo específico sobre la aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (Gutiérrez, 1998).

Acuerdo sobre medidas sanitarias y fitosanitarias (MSF)

El acuerdo de MSF establece que las medidas sanitarias y fitosanitarias deben basarse en un análisis y una evaluación, lo más apropiados posible, de los riesgos existentes para la vida o la salud. Esto entraña que, al establecer sus medidas, un país importador evaluará la posibilidad de que entre a su territorio una plaga capaz de propagarse y causar perjuicios, así como la gravedad de éstos últimos; los daños se calculan en términos tanto físicos como económicos. Cuando un gobierno estime que no existen testimonios científicos suficientes para adoptar una decisión definitiva sobre la inocuidad de un producto o proceso, podrá adoptar medidas cautelares. También podrá tomar medidas de aplicación inmediata en situaciones de emergencia. Cuando un país crea que determinada medida sanitaria o fitosanitaria establecida por otro país restringe sus exportaciones, porque no esté basada en normas internacionales o porque no existan tales normas, podrá pedir al país importador que explique los motivos de su medida (Gutiérrez, 1998).

Son aplicables todas las medidas sanitarias y fitosanitarias que pueden afectar al comercio internacional. Se define Medida Sanitaria o Fitosanitaria, a toda medida aplicada para proteger la vida de las personas y los animales de los riesgos resultantes de la presencia de aditivos, contaminantes, toxinas u organismos patógenos en los productos alimenticios; de enfermedades transmitidas por vegetales a animales. Los gobiernos centrales serán responsables de la aplicación del acuerdo y adoptarán las medidas necesarias para apoyar el cumplimiento del acuerdo por otros niveles de gobierno

(provincias, estado, departamentos, etc.), así como por instituciones públicas regionales o entidades no gubernamentales; para proteger la vida de los animales o los vegetales, de plagas u organismos patógenos y proteger a un país de perjuicios resultantes de la entrada, radicación o propagación de las plagas (Gutiérrez, 1998).

2.13 Normalización fitosanitaria nacional

Ley Federal de Sanidad Vegetal

Fue creada el 5 de enero de 1994 y sus objetivos son la observancia general en todo el territorio nacional para regular y promover la sanidad vegetal; así como, vigilar la observancia de las disposiciones fitosanitarias; diagnosticar y prevenir la diseminación e introducción de plagas de los vegetales, sus productos y subproductos; mediante el establecimiento de medidas fitosanitarias; entre otras y regular la efectividad biológica, aplicación, uso y manejo de insumos, así como el desarrollo y presentación de actividades y servicios fitosanitarios, sus disposiciones son de orden público (SAGARPA, 1994).

Normas Oficiales Mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas son instrumentos regulatorios que tienen por objeto establecer las características, especificaciones y criterios técnicos, científicos o tecnológicos que deben cumplir los productos, servicios y procesos de producción, a fin de proteger la salud, la sanidad animal y vegetal, el ambiente y los recursos naturales. Son actos administrativos emitidos por los servidores públicos competentes de las diversas dependencias del ejecutivo federal, en el ejercicio de las atribuciones que las leyes les confieren. Son de carácter obligatorio para los particulares; para su elaboración y publicación deben ajustarse al procedimiento señalado en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (Anónimo, 1992).

Las medidas fitosanitarias se determinan en Normas Oficiales que tienen como finalidad, establecer los requisitos fitosanitarios y las especificaciones, criterios y procedimientos para determinar la calidad fitosanitaria de los vegetales; controlar la movilización, importación y exportación de vegetales, sus productos o subproductos, vehículos de transporte, maquinaria, materiales y equipo susceptibles de ser portadores de plagas, así como de agentes patogénicos; transportar y empacar vegetales, sus productos o subproductos que impliquen un riesgo fitosanitario; aprobar organismos nacionales de normalización, organismos de certificación, unidades de verificación y laboratorios de pruebas, certificar, verificar e inspeccionar las Normas Oficiales aplicables a las actividades o servicios fitosanitarios que desarrollen o presenten los particulares y determinar las exigencias y condiciones fitosanitarias mínimas que deberá reunir la importación de vegetales, sus productos y subproductos (SAGARPA, 1994).

2.14 Análisis de Riesgo de Plagas (ARP)

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) establece en las normas internacionales para medidas fitosanitarias, las directrices para el Análisis de Riesgo de Plagas (ARP). La metodología del ARP, que actualmente se aplica en México por la Dirección General de Sanidad Vegetal, está basada en los lineamientos emitidos por la FAO. En este mismo sentido, nuestro país participa y trabaja en forma constante con las organizaciones regionales de protección vegetal, OIRSA y NAPPO, con los cuales ha establecido un procedimiento estandarizado para realizar los estudios de ARP, disminuyendo las diferencias o posibles controversias en su aplicación; con el propósito de facilitar el comercio y evitar el uso de medidas injustificadas como barreras al comercio (SAGARPA, 1996b y Elizalde, 2001).

Es necesario tener en cuenta que en un ARP se define como plaga a cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales, y la definición de una *plaga cuarentenaria* es un organismo de importancia económica potencial para México (el área de ARP), aún cuando la plaga no exista, o si esta presente se mantiene confinada y se encuentra bajo control oficial (FAO, 2004).

Basados en la Norma Internacional para medidas fitosanitarias No. 11, titulada Análisis de Riesgo de Plagas para Plagas Cuarentenarias, Inculido el Análisis de Riesgo Ambientales y Organismos vivos modificados, de la convención Internacional de Protección Fitosanitaria de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2004).

Los requisitos generales para el Análisis de Riesgo de Plagas (ARP), están integrados en tres etapas.

Etapas 1: Iniciación del proceso del análisis de riesgo de plagas

De manera general existen dos puntos de iniciación y en la mayoría de los casos, se requiere un ARP nuevo o revisado derivado de una vía de entrada o plaga concreta en las siguientes situaciones: **ARP iniciado por una vía de entrada y ARP iniciado por una plaga.**

En la etapa 1 del análisis de riesgo de plagas, se ha identificado una lista de plagas (en caso de iniciación por una vía de entrada) que ha de ser sometida a evaluación del riesgo, se examinan esas plagas por separado y para cada una de ellas se determina si cumple los criterios para incluirla entre las plagas de cuarentena; que es aquella plaga que puede tener importancia económica potencial para el área en peligro aún cuando la plaga no existe o si existe, no está extendida y se encuentra bajo control oficial (FAO, 2004).

Etapla 2: Evaluación del riesgo de plagas

Teniendo presentes todos los aspectos de cada plaga, y en particular la información real sobre su distribución geográfica, biología y su importancia económica, se evalúa el potencial de establecimiento, dispersión e importancia económica en el área de ARP. Por último, se determina el potencial de introducción en el área de ARP (FAO, 2004).

Etapla 3: Manejo del riesgo de plagas

El manejo de riesgo de plagas para proteger el área en peligro debe estar en concordancia con el riesgo identificado en la evaluación. En la mayoría de los aspectos puede basarse en la información ya recopilada durante la evaluación del riesgo de plagas. Se deberán aplicar medidas fitosanitarias en la mínima superficie necesaria para la eficaz protección del área en peligro. Las opciones en el manejo del riesgo que permitan reducirlo a un nivel aceptable se deben presentar en una lista. Estas contemplan las vías de entrada y en particular las condiciones para permitir la entrada de productos básicos (FAO, 2004).

Documentación de proceso de ARP

Al finalizar el ARP, debe estar suficientemente documentado, de manera que cuando se realice una revisión o surja una controversia puedan conocerse claramente las fuentes de información y los fundamentos utilizados para adoptar una decisión de actuar en relación con las medidas fitosanitarias adoptadas o que hayan de adoptarse (FAO, 2004).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó la consulta bibliográfica en la Biblioteca Central, de Parasitología agrícola, de Fitotecnia y del CUESTAM de la Universidad Autónoma Chapingo, en la Biblioteca del Colegio de Posgraduados y la base de datos en el Departamento de Análisis de Riesgo de Plagas de la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV).

Se obtuvo información de artículos publicados en Internet y de información presentada en eventos de capacitación que realizó la Dirección General de Sanidad Vegetal en los Estados, a fin de capacitar a los oficiales de los Puntos de Inspección Interna y a los técnicos de los Comités Estatales de Sanidad Vegetal, responsables de la campaña nacional preventiva contra *C. cactorum*.

3.1 Categorización de plaga cuarentenaria de *Cactoblastis cactorum*

Los criterios para determinar la importancia cuarentenaria de *Cactoblastis cactorum* se fundamentan en los términos establecidos en la Norma Internacional para medidas fitosanitarias No. 11, titulada Análisis de Riesgo de Plagas para Plagas Cuarentenarias, Inculido el Análisis de Riesgo Ambientales y Organismos vivos modificados, de la convención Internacional de Protección Fitosanitaria de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2004).

3.2 Sistematización de la información en fichas técnicas

Para un mejor manejo de la información se elaboró una ficha técnica con la siguiente información:

Nombre científico y sinomias

- 1). Nombre común
- 2). Ubicación taxonómica de la plaga
- 3). Descripción morfológica de la plaga
- 4). Hospederos y distribución de hospederos en México
- 5). Distribución geográfica
- 6). Biología y dispersión
- 7). Síntomas y/o daños
- 8). Importancia económica
- 9). Estado Cuarentenario
- 10). Medidas de control cuarentenario

3.3 Identificación de zonas con potencial de establecimiento de *Cactoblastis cactorum*

Se considerará los reportes realizados en función de la metodología por CONABIO para identificar las zonas productoras de especies de Opuntia en riesgo de ser atacadas por *Cactoblastis cactorum* en México. Así como, los factores contemplados en la Norma Internacional para medidas fitosanitarias No. 11, titulado Análisis de Riesgo de Plagas para Plagas Cuarentenarias, Inculido el Análisis de Riesgo Ambientales y Organismos vivos modificados, de la convención Internacional de Protección Fitosanitaria de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2004).

3.4 Plan de acción preventivo para *Cactoblastis cactorum*

En este apartado se realizará una descripción de las líneas de acciones realizadas por la Dirección General de Sanidad Vegetal para prevenir la introducción de *Cactoblastis cactorum* en México.

IV. RESULTADOS

4.1 Presencia o ausencia en el área de Análisis de Riesgo

Coforme a la Norma Internacional de medidas sanitarias, se ha recogido la información pertinente y se ha identificado a la plaga *Cactoblastis cactorum* como plaga de importancia cuarentenaria no presente en México, para lo cual se realizó la Identificación del riesgo de una plaga nueva mediante investigación científica dado la importancia económica que representa la introducción al país.

4.2 Sitematización de la Información

La palomilla del nopal *Cactoblastis cactorum*

Cactoblastis cactorum es una palomilla cuya larva se alimenta de cactáceas y se ha utilizado mundialmente para el control de varias especies invasoras de *Opuntia*. Este insecto fue introducido en Australia como un agente de control biológico de seis especies de *Opuntia* que se habían caracterizado por ser invasoras de zonas agrícolas. La Commission of Prickly Pear realizó introducciones de larvas del lepidóptero *Cactoblastis cactorum* en Australia, (Julien, 1992; Mann, 1969). La primera introducción de *C. cactorum* fue realizada en 1915 con malos resultados; sin embargo, la segunda fue altamente exitosa en el control biológico de las especies de *Opuntia*. Como consecuencia de los resultados en Australia, *C. cactorum* fue introducida en otros países en donde algunas especies del género *Opuntia* se consideraban invasoras (Sudáfrica en 1933, Hawai en 1950, las Antillas en 1960; Julien, 1992). Sin embargo, a partir de la introducción deliberada de *C. cactorum* en el Caribe, las poblaciones nativas de *O. triacantha* y *O. stricta* de Nevis, Montserrat y Antigua han sido severamente afectadas. *C. cactorum* se dispersó de manera natural a islas contiguas (Haití, Bahamas e Islas Vírgenes).

4.3 Ubicación taxonómica de *C. cactorum*

De acuerdo con diferentes autores se clasifica de la siguiente forma:

Reino: Animal

Phylum: Arthrópoda

Subphylum: Mandibulata

Clase: Insécta

Subclase: Pterygóta

División: Endopterigóta

Orden: Lepidóptera

Familia: Pyralidae

Subfamilia: Phycitinae

Género: *Cactoblastis*

Especie: *C. cactorum*

4.4 Descripción morfológica

Huevecillos

Los huevecillos son cilíndricos y aplanados, de 0.9 mm de ancho y 0.4 mm de largo. Inicialmente es de color crema y se oscurece a café y llega a ser casi negro un poco antes de que emerja la larva. La hembra apila sus huevecillos como monedas para formar una cadena o pequeña columna (Fig. 1), semejando a una espina del propio nopal. El primer huevecillo en la columna está pegado a una espina o directamente en el cladodio con una sustancia ámbar presumiblemente derivada de las glándulas accesorias. El posicionamiento de los huevecillos uno sobre otro es guiado por setas que

rodean al ovipositor. Cada columna tiene un promedio entre 70 a 90 huevecillos. Una columna de 70 huevecillos mide unos 2.4 cm de longitud. Las columnas cortas son derechas pero lo normal es ligeramente curvo. Al principio es moldeable pero al secarse se vuelve quebradiza. Varias condiciones ambientales y características del hospedero afectan el comportamiento durante la ovipostura, Robertson, 1987; Hoffmann y Zimmermann 1989; Stange *et al.*, 1995).



Figura 1. Una columna con huevecillos de *C. cactorum* siendo depositados, tomado de Zimmermann *et al.*, 2004.

Larva

Las larvas de primer instar (neonatos) de *C. cactorum* (Fig. 2) tienen 2.5 mm de largo y son de color gris-verdoso. Los últimos instares tienen un color salmón naranja a rojo con puntos negros formando bandas transversales (Fig. 3). Estas bandas transversales del instar final (sexto) están casi siempre divididas en cuatro bloques separados y nunca se funden en la línea media, distinguiéndose por lo tanto de otros individuos relacionados en el género (McFadyen 1985). Las larvas completamente desarrolladas miden 3.3 cm de largo antes de pupar, pero pueden ser más pequeñas cuando se crían en hospederos pequeños o sub-óptimos (Zimmermann *et al.*, 2004).

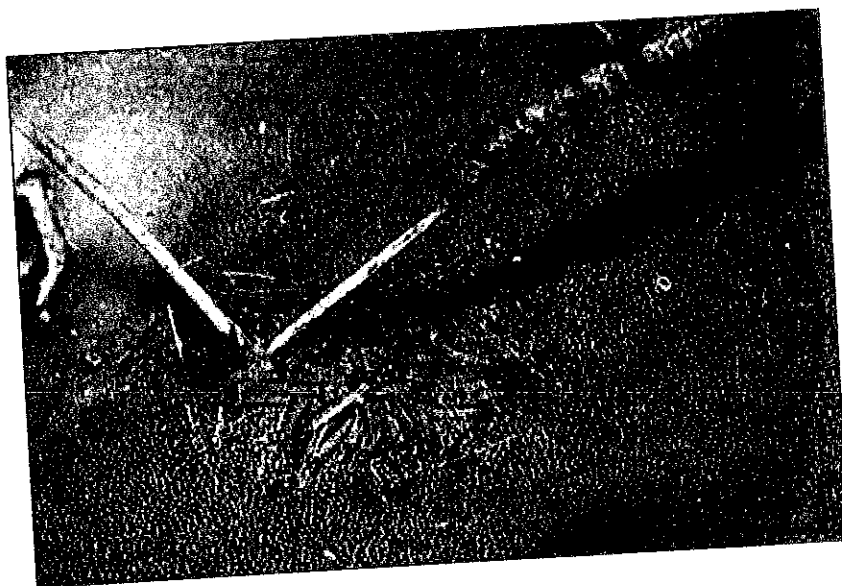


Figura 2. Larvas de primer instar de *C. cactorum* siendo depositados, tomado de Zimmermann *et al.*, 2004.



Figura 3. Larvas del último instar de *C. cactorum* siendo depositadas, tomado de Zimmermann *et al.*, 2004.

Pupa

Las larvas maduras tejen un cocón blanco sedoso en el cual pupan, usualmente bajo residuos, de cladodios secos, basura de hojas ó sobre planta hospedera. Los cocones frecuentemente se cubren con suelo o partículas de plantas (Fig. 4), lo cual los hace difíciles de detectar, (Zimmermann *et al.*, 2004).

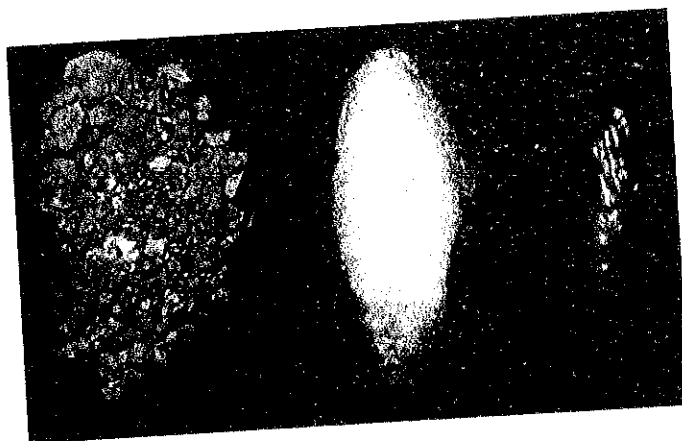


Figura 4. Pupas con partículas de suelo adheridas al cocón, con cocón limpio y sin cocón, tomado de Zimmermann *et al.*, 2004

Hembra adulta

Generalmente las hembras son más grandes que los machos, sus alas son ligeramente más oscuras y sus palpos más prominentes que los de los machos (Fig. 5). La preparación microscópica de los genitales puede proporcionar una identificación positiva, (Zimmermann *et al.*, 2004).

Macho adulto

Las palomillas adultas (Fig. 5) son poco visibles, sus alas anteriores son café-grisáceo con dos franjas transversales ondeadas. Las alas son algo más blancas hacia el margen costal. Las alas posteriores son gris pálido con una línea oscura a lo largo del margen. Tienen una distancia entre las alas de 27-40 mm cuando son obtenidas de hospederos óptimos y son considerablemente más pequeñas cuando se crían en hospederos sub-óptimos o de plantas hospederas pequeñas que les proporcionan alimento limitado, (Zimmermann *et al.*, 2004).



Figura 5. Hembra adulta (Izquierda) y Macho adulto (derecha) de *C. Cactorum*, tomado de Zimmermann *et al.*, 2004.

4.5 Distribución geográfica

Cactoblastis cactorum se encuentra en forma natural en el norte de Argentina, en Uruguay y Paraguay y en el Sur de Brasil (Mann 1969). La población de *Cactoblastis introducida* a Australia y Sudáfrica y de allí a las Islas del Caribe fue recogida de *Opuntia delaetiana* (también conocida como *O. paraguayensis* y de una especie de *Opuntia* del grupo "monacantha" (McFadyen 1985). Esta entidad específica está restringida al género *Opuntia*, pero tiene un amplio rango de hospederas dentro de este género en su área geográfica nativa. También acepta fácilmente a muchas especies *Opuntia* de Norteamérica y fue responsable del control espectacular de varias especies invasoras *Opuntia* en diferentes países. Todas las poblaciones fuera de Argentina se originaron de esta sola introducción a Australia en 1925 que comprendió alrededor de 2,750 huevecillos. Introducciones previas y subsecuentes de *Cactoblastis* spp. de Argentina en Australia y Sudáfrica no lograron establecerse (McFadyen 1985).

Cuadro 7.- Distribución inducida de *Cactoblastis cactorum* como agente de control biológico.

C. cactorum como agente de control biológico. Julián y Griffiths, 1998)	
1926:	Llevada de Argentina a Australia
1933:	De Australia a Sudáfrica
1933:	De Australia a Nueva Caledonia
1950:	De Australia a Hawai
1950:	De Sudáfrica a Mauritius
1957:	De Sudáfrica a Nevis
1960:	De Nevis a Antigua
1960:	De Nevis a Monserrat
1966:	De Antigua a Kenya, (establecimiento no confirmado)
1970:	De Nevis y Antigua a Islas Caimán
1971:	De Nevis y Antigua a Santa Elena
1973:	De Santa Elena a Isla Ascensión
1994:	De Australia a Pakistán, (establecimiento no confirmado)

4.6 Hospederos

Existe información sobre las hospederas naturales y adoptadas por *Cactoblastis cactorum* dentro de los cactus del género *Platyopuntia*, sin embargo, ésta no es suficiente para hacer predicciones confiables sobre el rango de hospederas de Norteamérica y sobre los factores que determinan su selección y aceptación de hospederas, (Zimmermann *et al.*, 2004).

La taxonomía de *Platyopuntia* sigue siendo altamente confusa y se han utilizado las clasificaciones de Benson (1928) y Anderson (2001). Ciertos taxónomos consideran a *Platyopuntia* y *Cylindropuntia* como sub-géneros de *Opuntia*, mientras que otros las consideran como géneros independientes; (Benson 1982).

Hospederas naturales de Sudamérica

De las cinco especies descritas en el género *Cactoblastis*, *C. cactorum* tiene el mayor rango de hospederas entre las *Platyopuntia* y esto explica en parte por qué ha sido tan exitosa esta especie como agente de control biológico de *Opuntias* invasoras (Moran y Zimmermann 1984, 1985). Con algunas excepciones, solamente ha sido recolectada de todas las *Opuntia* (*Platyopuntia*) spp. dentro de su amplio ámbito geográfico en Argentina, Uruguay, Paraguay y sur de Brasil (Mann 1969; Zimmermann *et al.*, 1979). No ha sido recogida de los grandes cactus *O. quimilo* (excepto en plantas pequeñas de estas especies) ni en *O. longispina*. Otras especies de *Opuntia* ampliamente distribuidas en Argentina y Bolivia, como *O. sulphurea* y *O. pampeana*, no son atacadas porque crecen en los Andes secos del noroeste, fuera de la distribución natural de *C. cactorum*. Estas especies de cactus son las hospederas principales de las especies *C. doddi*, (Zimmermann *et al.*, 2004).

La introducción de *Cactoblastis* a las Islas del Caribe y su reciente llegada a Florida también constituye una forma de alimentarse por nueva-asociación, pero difiere de las de Australia y Sudáfrica en que el ataque es a especies *Opuntia* nativas, que también están sujetas a daño por varios enemigos naturales. Algunas especies nativas de *Opuntia* se han vuelto problemáticas debido al sobre-pastoreo y a otras acciones inducidas por el hombre, que fue la razón principal por la que en primer lugar se introdujo *cactoblastis* al Caribe. El grado en que *cactoblastis* ataque a estas especies nativas en las Islas del Caribe, puede revelarnos mucha información sobre su impacto potencial en México y los EEUU, pero esto no ha sido estudiado adecuadamente, a excepción de un corto reporte por Simmonds y Bennett (1966) en las Islas de Sotavento, (Zimmermann *et al.*, 2004).

En Florida, EUA, hay 6 especies nativas de *Opuntia* (Benson1982). Tres especies están muy dispersas: *Opuntia stricta* (variedades *stricta* y *dillenii*), *O. humifusa* (var. *humifusa* - el nopal Oriental) y *O. pustilla*. Tres especies más se consideran raras en los Cayos de Florida: *O. corallicola* (algunas especies situada en el género *Consolea* y ahora considerada como sinónimo de *O. spinosissima*, *O. cubensis* y *O. triacantha*. Además, cuatro especies naturalizadas también son comunes en Florida: *O. ficus-indica*, *O. monacantha* (= *O. vulgaris*), *O. leucotricha* y *Opuntia cochenillifera* (inicialmente en Nopalea), (Zimmermann *et al.*, 2004).

Hospederos de preferencia de *Cactoblastis*

En Sudáfrica, Hawaii y Australia, *Cactoblastis* causa daño considerable a las especies de *Opuntia* más pequeñas. Este daño es mucho menor en los cactus en forma de árbol (sahuaros), *O. ficus-indica*, *O. streptacantha*, *O. megacantha* y *O. robusta* (cultivares sin espinas) y las plantas grandes solo pueden ser muertas por ataques repetidos (Zimmermann *et al.*, 2004).

Huertos de cactus sin protección han sido destruidos, pero en la mayoría de los casos solamente en combinación con ataques de cochinilla (*Dactylopius opuntiae*) Mann, (1969). Los tallos gruesos y leñosos de todas las *Opuntias* son resistentes al ataque de las larvas y éstas solo se alimentarán en un tallo leñoso si no hay cladodios succulentos disponibles. Varios autores comentan sobre las altas mortalidades de larvas del primer instar, causadas por exceso de exudado (mucílago) gomoso cuando penetran en los cladodios y esto parece ser particularmente común en las especies grandes de *Opuntia* (Moran 1980; Robertson y Hoffmann 1989; Zimmermann y Granata 2002).

La mayoría de las especies hospederas arbustivas de *Opuntia*, incluyendo *O. stricta*, *O. monacantha*, *O. engelmannii*, *O. triacantha*, *O. tuna*, *O. humifusa*, *O. cubensis*, (cuadro 8), son dañadas extensivamente por *Cactoblastis* y es conocida la historia de control biológico de algunas de estas especies (Bennett *et al.*, 1982; Julien y Griffiths, 1998).

En Sudáfrica se separó hembras de la palomilla *Cactoblastis* entre tres especies como sitios para oviposición, específicamente *O. stricta*, *O. microdasys* y una especie de *Opuntia* no identificada, las columnas de huevecillos solamente fueron depositadas en *O. stricta*, esto concuerda con el hecho de que en Sudáfrica nunca se ha visto a *cactoblastis* alimentándose en poblaciones naturales de *O. microdasys*. Sin embargo, cuando los huevecillos fueron puestos en pencas de especies no preferenciales, las larvas se desarrollaron normalmente e hicieron daño a las plantas, Johnson y Stiling (1996) realizaron experimentos de selección de hospederas usando cuatro especies de *Opuntia* nativas de Florida para determinar si alguna de ellas era preferida por *Cactoblastis*; encontraron que al ovipositar, las hembras no mostraron preferencia de hospedera, mientras que las larvas prefirieron *O. corallicola* sobre las demás especies de *Opuntia* probadas. El comportamiento de oviposición de las hembras es la base para la aparente especificidad de hospederas.

Cactoblastis se desarrolla normalmente en otras especies pequeñas de *Opuntia*, como en *O. aurantiaca*, *O. discolor*, *O. salmiana* entre otras. El tamaño de la planta hospedera parece no ser un factor limitante para la aceptación de la hospedera.

Se desconoce la razón por la que *O. quimilo* no es aceptada como hospedera en Argentina. Además, necesita más atención la aparente resistencia de *O. cochenillifera* al ataque de *Cactoblastis* en las Islas del Caribe, aunque la especie es fácilmente atacada en Florida.

Cuadro 8. Especies de *Opuntia* que se encuentran en México y se conoce que han sido atacadas por *C. cactorum*

Opuntia ficus-indica
Opuntia lindheimeri
Opuntia macrorhiza
Opuntia megacantha
Opuntia spinulifera
Opuntia streptacantha
Opuntia stricta
Opuntia tomentosa

4.7 Biología

Ciclo de vida

El ciclo de vida de *C. cactorum* (Fig. 6) fue descrito en detalle por Dodd (1940), Pettey (1948) y Mann (1969). Las palomillas emergen de sus pupas al oscurecer. En una población normal hay más machos que hembras y la diferencia es más pronunciada si la cantidad o calidad del alimento disponible es inadecuado para las larvas. Se aparean por la mañana del primer ó segundo día

después de su emergencia y las hembras empiezan a poner huevecillos durante la siguiente noche. Las palomillas adultas viven unos 9 días y no se alimentan. Descansan durante el día en las partes bajas de las plantas y evitan volar aunque se les moleste. En la noche las palomillas se vuelven activas y ocasionalmente las hembras son atraídas por la luz, (Zimmermann *et al.*, 2004).

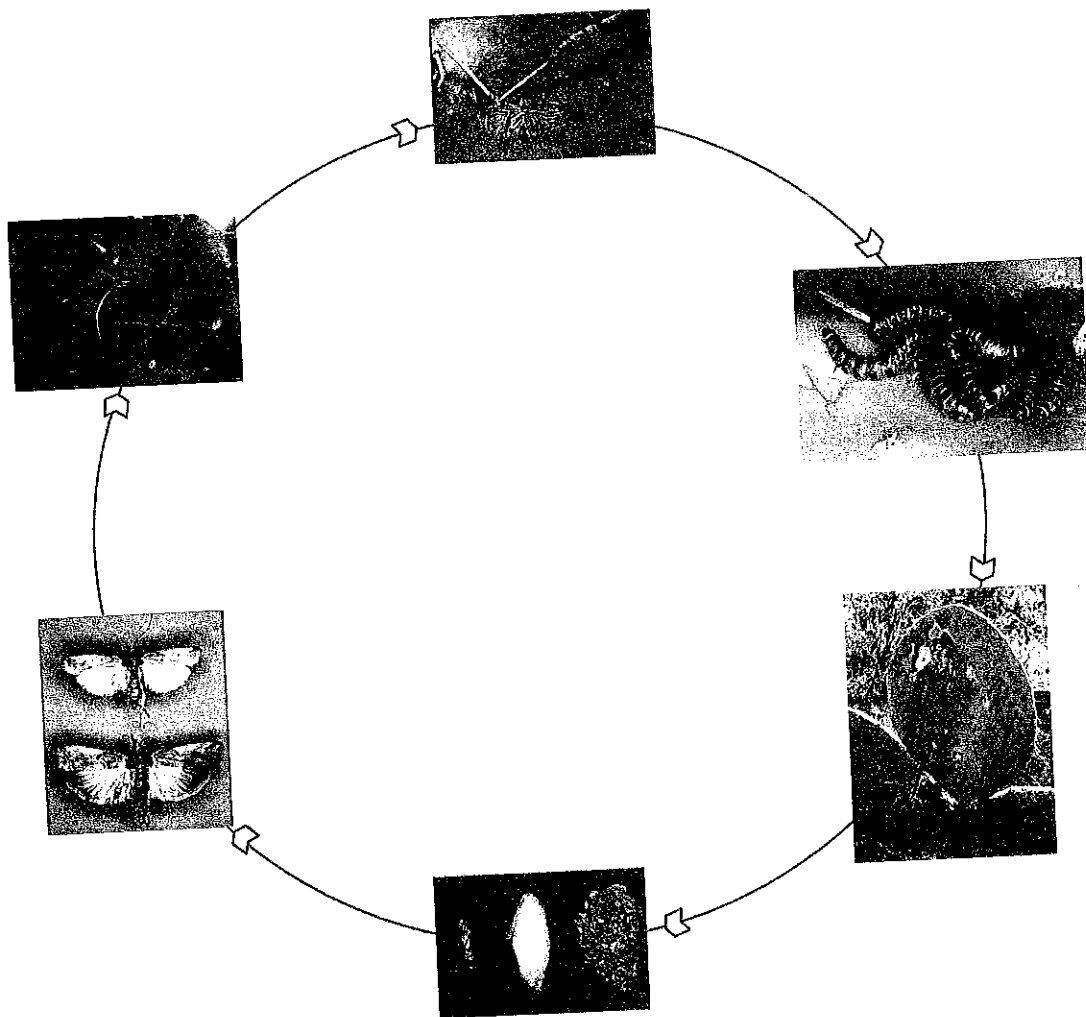


Figura 6. Ciclo de vida de *Cactoblastis cactoru*, imágenes tomadas de Zimmermann *et al.*, 2004.

Los huevecillos son depositados al oscurecer. Las palomillas hembras no adhieren sus huevecillos a espinas que sean demasiado largas para que las alcancen sus ovipositores. Ponen sus huevecillos principalmente en los segmentos suculentos en las partes bajas de las plantas. No depositan huevecillos en presencia de luz artificial. Usualmente eclosionan durante el día, pero lo harán en la noche si hace suficiente calor. Las larvas de la misma columna de huevos son gregarias después de eclosionar, forman un círculo en la base de la espina a la cual se adhirieron los huevecillos, mientras mastican una entrada comunal en el segmento de cactus, (Zimmermann *et al.*, 2004).

Las larvas se alimentan en grupo (Fig. 7) mientras perforan la penca del nopal, consumiendo el interior excepto los tejidos vasculares fibrosos. Por la perforación original de entrada son descargadas las heces y frecuentemente se nota un líquido viscoso verde en los segmentos afectados. En días fríos, las larvas se agrupan ocasionalmente en el exterior de un segmento para calentarse al sol, ó para guarecerse a la sombra en los días calurosos. Habiendo consumido un cladodio, las larvas perforan uno adyacente o toda la colonia deja el cladodio, moviéndose sobre la superficie de la planta antes de entrar a otro.



Figura 7. Larvas alimentándose en el interior del cladodio, tomada de Zimmermann *et al.*, 2004.

Posteriormente las larvas abandonan los cladodios individualmente, se dejan caer al suelo donde tejen cocones de seda blanca protegiéndose en cladodios podridos tirados en el suelo, grietas de los tallos del cactus, residuos de hojas ó en suelo suelto. Pupan dentro de los cocones con suelo o tierra y eventualmente emergen como palomillas adultas, (Zimmermann *et al.*, 2004).

Duración de los estadíos

Dodd (1940) menciona que la duración de los estadíos en regiones templadas, como las de distribución natural de la palomilla en Argentina, así como en la mayoría de las partes de Sudáfrica y Australia donde las palomillas se han establecido, *Cactoblastis cactorum* tiene dos generaciones definidas por año. En las regiones más calientes de Sudáfrica, Australia y Florida, en otoño se considera una tercera generación completa ó parcial, y en regiones con mayor temperatura las generaciones pueden traslaparse y no tienen puntos máximos claros. En las partes más frías de Nueva Gales del Sur, el ciclo de vida ocasionalmente ocupa todo el año, (Zimmermann *et al.*, 2004).

En Australia y Sudáfrica, la generación de verano dura de 4 a 5 meses, con los adultos volando y poniendo huevecillos de septiembre a noviembre, las larvas eclosionan unos 40 días después, se desarrollan por 50 a 60 días antes de pupar y emergen las palomillas poco después de 28 días durante enero-marzo. La generación de invierno dura como 8 meses, con las palomillas ovipositando durante enero-marzo, las larvas eclosionan después de unos 40-50 días, se desarrollan por 130-180 días antes de pupar y después de unos 40-70 días emergen las palomillas durante septiembre-noviembre. La duración promedio del ciclo de vida de *Cactoblastis* en Sudáfrica es de 113-132 días para la generación de verano y 234-256 días para la generación de invierno. En Australia es de 100-120 días en verano y de 235-265 días en invierno.

Fecundidad

El número de huevecillos producidos por hembra varía entre estaciones y localidades geográficas, en promedio una hembra puede producir de tres a cuatro columnas durante toda su vida, usualmente unas dos columnas por noche, cada columna contiene un promedio entre 70 a 90 huevecillos y en algunas ocasiones hasta 120 huevecillos (Petty, 1948 y Mann, 1969).

Comportamiento de ovipostura

La palomilla de *Cactoblastis* es extremadamente hábil para localizar plantas hospederas pequeñas aisladas. Cuando la densidad de plantas hospederas es alta, las palomillas se dispersan muy poco, pero al irse escaseando su alimento vuelan más lejos para poner sus huevecillos.

En Australia, *Cactoblastis* tiende a poner la mayoría de sus huevecillos cerca del sitio de emergencia, preferiblemente sobre los cladodios terminales jóvenes y succulentos, con espinas bien desarrolladas. Aunque no haya escasez de plantas adecuadas en la zona, con frecuencia el número de huevecillos depositados en una planta excede al número de larvas que se pueden alimentar en ella. Esto hace que muchas larvas se mueran de hambre y confirma que las palomillas no se dispersan con facilidad mientras la población de plantas hospederas sea densa (Dodd, 1940).

4.8 Síntomas y/o daños

Daño a plantas hospederas

Las larvas causan daño al perforar y destruir los cladodios. El daño de la larva permite la entrada de otros patógenos que provocan daños secundarios que pueden causar la muerte de toda la planta (Starmer *et al.*, 1987).

Las especies pequeñas de cactus o individuos más jóvenes de especies más grandes pueden morir en casos de ataques severos, pero la palomilla de las Cactáceas rara vez destruye las partes más viejas y leñosas de las especies de cactáceas más grandes y con forma de árboles, como las *Opuntia ficus-indica*.

En Australia, las principales especies plaga eran pequeñas semejando arbustos como *Opuntia stricta*, las poblaciones originales fueron destruidas a ras del suelo, toda la planta a excepción de los tallos basales en un inicio, pero posteriormente *Cactoblastis* causó prácticamente un control completo de los principales nopales plaga (Dodd, 1940).

En Sudáfrica, el nopal tunero *O. ficus-indica* es la especie plaga más importante, los tallos ó troncos leñosos sobrevivientes, invariablemente re-botan después de que son destruidos los segmentos jóvenes. Por lo tanto, la palomilla de las cactáceas tiene solamente un papel menor en el control biológico de cactus invasores en Sudáfrica y su valor está limitado a encontrar y matar plantas de cactus pequeñas y aisladas (Pettey 1948, Hoffmann *et al.*, 1998).

4.9 Importancia económica

El impacto del daño de *C. cactorum* a la mayoría de las plantas nativas o cultivadas del género *Opuntia* en otros países es considerado de mayor importancia, dado el grado de destrucción que ha ocasionado, siendo las especies pequeñas las más vulnerables. En Florida el insecto está actualmente atacando una especie rara de *Opuntia* y se teme que otras especies nativas y raras puedan estar amenazadas si no se frena el avance del insecto.

4.10 Dispersión

Cactoblastis fue liberada en el Sudáfrica en 1957 y quedó establecida, tanto en las infestaciones densas de cactus como en las dispersas, el daño por

las larvas ha resultado en la fragmentación de plantas grandes. Esto ha ocasionado una reducción general en los niveles de producción de fruta, pero no se ha repetido en Sudáfrica el espectacular control de *O. stricta* logrado en Australia por *Cactoblastis*.

Cactoblastis se desarrolló en los valles con suelos fértiles y profundos, en donde los cactus fueron más succulentos y crecieron entremezclados con el matorral. El crecimiento de la población de *Cactoblastis* fue menor en las partes más altas y frías del Karoo, y en las altas laderas de montañas con menor exposición al sol de invierno. Como en Australia, los cactus que crecen en suelos superficiales y pobres en nutrientes tienen cutículas más gruesas. Las larvas de *cactoblastis* recién eclosionadas sobreviven mejor en los segmentos terminales, los cuales secretan menos mucílago y cuyas cutículas son más delgadas que las de los segmentos más viejos (Petty 1948).

En 1950 se trajo *Cactoblastis* de Australia a Hawai (Fullaway 1954) para controlar *Opuntia ficus-indica* y de Sudáfrica a Mauritius (Greathead 1971) para controlar *O. tuna* y *O. monacantha*. En ambos casos fue efectivo el control biológico (Julián y Griffiths 1998).

En 1957, entomólogos Británicos enviaron *Cactoblastis* de Sudáfrica y lo liberaron en la Isla de Nevis, en el grupo de Islas de Sotavento de las Islas del Caribe. El fin era controlar un complejo de cactus nativos dominados por *Opuntia triacantha*, los cuales estaban reemplazando a los pastos en potreros sobre-pastoreados. *Cactoblastis* controló en forma muy efectiva a los cactus nativos (Simmonds y Bennett, 1966).

Después del exitoso control de Nevis, de allí se llevó *cactoblastis* a las islas vecinas de Montserrat y Antigua en 1960 y a la Gran Caimán en 1970. En estas islas también controló a especies de *Opuntia* nativas (Simmonds y Bennett, 1966). En 1971 también se envió *Cactoblastis* de Nevis a la Isla de

Santa Elena y de allí a la Isla Ascensión en 1973. Los intentos para establecer *Cactoblastis* en Kenya, Pakistán e Israel han fallado (Julien y Griffiths 1998).

Cactoblastis pasó de Nevis a la cercana St. Kitts (Simmonds y Bennett 1966) y a las Islas Vírgenes, EU y fue registrada de Puerto Rico en las Grandes Antillas en 1963, (García-Tuduri *et al.*, 1971). De aquí paso a muchas regiones en el Caribe incluyendo Haití, la República Dominicana, las Bahamas y Cuba, donde atacó tanto a las especies *Opuntia* nativas maleza, como a las no maleza.

Habeck y Bennet (1990) fueron los primeros en reportar el descubrimiento de *Cactoblastis* en los Cayos de Florida, un adulto hembra colectado en una lámpara de vapor de mercurio en Octubre de 1989, en ese mismo año también se colectaron larvas de *Cactoblastis* de *O. stricta*. Entre Mayo de 1990 y Octubre de 1991 se realizaron recolecciones de *Cactoblastis* en varias localidades a lo largo de ambas costas de Florida, las cuales llegaron al norte hasta el Condado Brevard, por el este y al Condado Manatee por el oeste, aproximadamente a 330 y 370 Km al norte respectivamente del sitio de detección inicial en los Cayos de Florida. Para 1999 se había reportado *Cactoblastis* de la Isla Cumberland en la costa sur de Georgia.

Aunque se desconoce el método como llegó *Cactoblastis* a Florida, varios autores han sugerido como una hipótesis plausible su dispersión natural desde el Caribe "brincando de isla en isla" (Habeck y Bennett 1990, Johnson y Stiling 1996). Los eventos climáticos en el Caribe, especialmente durante la temporada veraniega de huracanes (Junio a Noviembre), pudo haber sido también motivo de su dispersión y debemos tenerlo presente conforme se rastreen las infestaciones a lo largo de la Costa del Golfo (Stiling, 2002).

Pemberton (1995) reportó desde 1981 intercepciones de *cactoblastis* en EUA en material vegetativo proveniente de viveros en el Caribe y menciona que la palomilla pudo haber entrado a EUA como una introducción no intencional en

embarques de plantas ornamentales (más probablemente en charolas de *O. stricta* de la República Dominicana). Heppner (2000) reportó la incautación de un embarque de plantas infestadas con *Cactoblastis* enviadas de Miami a una tienda Wal-Mart cerca de Pensacola, Condado Santa Rosa, Florida en Junio del 2000, algunos 200 Km al oeste del perímetro actual de la infestación, así como la intercepción de plantas infestadas en equipaje en el Aeropuerto Internacional de Dallas, en Texas. Independientemente de su modo de entrada a los EUA, el transporte inadvertido de *cactoblastis* por el hombre es sin duda una preocupación real.

Es difícil de evaluar exactamente el ritmo real de la dispersión de *cactoblastis* en Florida. Como lo sugiere (Stiling *et al.*, 2002), uno de los factores que crean confusión es el hecho de que la palomilla pudo haber estado presente en los Cayos de la Florida desde 1985 y estuvo sin detectarse hasta 1989. Cita como evidencia una carta escrita a la División Florida de la Industria de Plantas en 1990, que describe al nivel de daño por *Cactoblastis* en los Cayos de Florida.

La llegada de *Cactoblastis* a Florida fue vista con gran preocupación por muchos autores, por su impacto adverso potencial sobre las opuntias nativas presentes en el estado, incluyendo la rara *O. corallicola* (= *O. spinosissima*) (Stiling *et al.*, 2000), *O. cubensis* y *O. triacantha*. Todas las opuntia presentes en Florida son atacadas por *Cactoblastis* y las infestaciones pueden ser severas.

4.11 Medidas de control en Sudáfrica, donde la plaga esta presente

En México no se conocen las medidas de control más apropiadas dado que actualmente esta plaga no está presente.

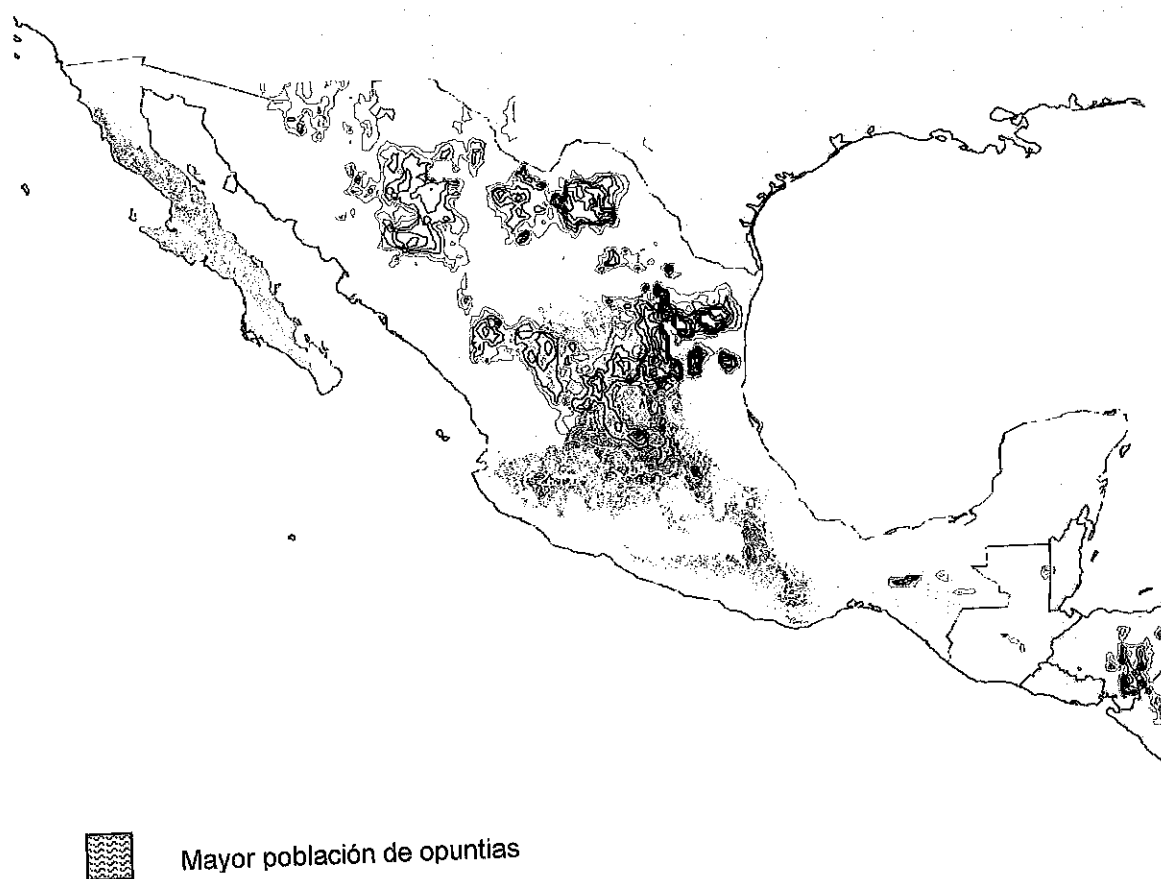


Figura 8. Zonas en México con *Opuntia* con alta probabilidad de ser susceptibles a *C. cactorum* CONABIO, 2000

4.12 Descripción del plan de acción preventivo desarrollado en México

Implementación de la campaña preventiva contra la palomilla del nopal en 16 estados de la República Mexicana de Baja California, Baja California Sur, Campeche, Coahuila, Distrito Federal, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, Sonora, Veracruz, Yucatán y Zacatecas

Las acciones que se están realizando en la campaña, son las siguientes:

- 1.- Campaña de información al público
- 2.- Cursos de capacitación para la detección e identificación de la plaga
- 3.- Vigilancia de las posibles rutas de introducción
- 4.- Capacitación fitosanitaria al personal en las aduanas, puntos de control, fronteras y a los productores.
- 5.- Monitoreo con trampas luz en algunos Estados.

Esta campaña fitosanitaria, es la primera que posee una metodología de las acciones de muestreo en campo que incluye la georreferenciación de puntos, la cual consiste en: a) Area comercial: 5 puntos por hectárea georreferenciados, 1 planta por punto; revisar toda la planta.

4.13 Acciones desarrolladas en la Campaña

20 de Septiembre de 2002.- Curso de capacitación a 40 personas de los Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal de los Estados en las Instalaciones de la Dirección General de Sanidad Vegetal, México, D. F.

17 al 20 Noviembre de 2002.- Curso de capacitación a personal oficial de la Dirección General de Sanidad Vegetal, en Ft. Lauderdale, Florida, EUA.

2 de Diciembre de 2002.- Curso de capacitación personal técnico de los Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal de los Estados de Puebla, Morelos, Tlaxcala en la Delegación Estatal de la SAGARPA de Puebla.

9 de Diciembre de 2002.- Se envía proyecto sobre Palomilla del Nopal al Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) de Viena, Austria, con la finalidad de que dicho documentos sean analizado y aprobado para recaudar fondos, los cuales serán destinados capacitación, elaboración de un libro y vídeo de la palomilla del nopal, dicho proyecto se titula:

Proyecto emergente para el 2003: "Campaña Nacional Preventiva Contra la Palomilla del Nopal *Cactoblastis cactorum* en México".

19 de Mayo de 2001.- Entrevista en la radio para la estación "Radio ABC" 760 de A.M. en el programa Planeta Azul, con el periodista Eduardo G. Viadas con la finalidad de tratar los aspectos sobre el impacto que representaría este insecto al introducirse a México y su posible establecimiento en las áreas nopaleras, tanto silvestres como cultivadas de nuestro país, temas de biología, hábitos alimenticios, ciclo biológico y estrategias de control que se están investigando en otros países donde se encuentra presente. Así como, el enfoque de la campaña preventiva con carácter de emergencia que ha establecido la Dirección General de Sanidad Vegetal, donde se señaló que las principales acciones de ésta son: a).- muestreo, b).- capacitación y c).- divulgación.

Por otro lado, se mencionó que dicha campaña esta operando en 20 Estados de la República.

20 de Mayo de 2003.- Publicación en el Diario Oficial de la Federación la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-040-FITO-2003, Por la que se implementa el sistema para prevenir la introducción, diseminación y establecimiento de la Palomilla del Nopal (*Cactoblastis cactorum* Berg.).

26 de Mayo de 2003.- Entrevista con el periodista Marcos Lara editor de la revista "Día Siete" en la Dirección General de Sanidad Vegetal, donde se abordaron los aspectos más importantes de la palomilla del nopal, se comentó sobre el impacto que ocasionaría este insecto al introducirse a México por su establecimiento en las áreas nopaleras, tanto silvestres como cultivadas, así mismo se hizo referencia a la biología del insecto y estrategias de control y dentro de la campaña preventiva contra *Cactoblastis cactorum* Berg.

28 de Mayo de 2003.- Reunión con el Dr. Jaime Villa Castillo, Gerente de Sanidad Forestal de la CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) de la SEMARNAT, donde se expuso los aspectos importantes y enfoque de la campaña preventiva contra la Palomilla del Nopal (*Cactoblastis cactorum* Berg.). Se trató un posible acuerdo de cooperación para la campaña con CONAFOR.

10 de Junio de 2003.- Reunión en auditorio Ing. Guadalupe Velo Fierro, sita en Campo Experimental INIFAP Zacatecas. Km. 24.5 Carre. Zacatecas-Fresnillo, Calera de Víctor Rosales, C. P. 98500, Zac., México; conformando el Grupo Técnico Nacional de la Campaña Contra la Palomilla del Nopal.

16-30 de Junio de 2003.- Curso de Capacitación en Sudáfrica de personal técnico de la Dirección General de Sanidad vegetal y de los Estados de Sonora y Zacatecas, a fin de adquirir conocimientos de la plaga para mitigar la amenaza de la Palomilla del Nopal (*Cactoblastis cactorum* Berg.) en México.

8 de Agosto de 2003.- Presentación de la ponencia sobre la palomilla del nopal en la reunión anual de la mesa de Agricultura, XXI Conferencia de Gobernadores Fronterizos, llevada a cabo en la Ciudad de Chihuahua.

2-6 de Septiembre de 2003.- Asistencia y participación al IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional: "Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal", en el cual la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) organizó un

curso taller para los veinte Estados amenazados por la palomilla del nopal, con la participación de investigadores reconocidos de la Universidad de Santiago del Estero, Argentina, de la Universidad del Sur de Florida, EUA, quienes expusieron temas inherentes de *Cactoblastis cactorum*. Así mismo, se impartió el curso taller de "Uso y Manejo de la Herramienta GPS" a los técnicos de los 20 Estados involucrados, impartido por personal de Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

18 de Septiembre de 2003.- Presentación de la ponencia de la campaña preventiva contra la palomilla del nopal en la DGSV al Dr. José Cibrán Tovar, investigador del Colegio de Postgraduados, con la finalidad de apoyar el proyecto de desarrollo de la feromona de *Cactoblastis cactorum*.

16 de Octubre de 2003.- Participación con las ponencias: Campaña Nacional Preventiva Contra la Palomilla del Nopal en México y Análisis de riesgo de la palomilla del nopal para México, en el XXIX Simposio Nacional de Parasitología Agrícola, realizado en Puerto Vallarta Jalisco.

Noviembre de 2003.- Publicación del artículo "Visita científica a Sudáfrica" por el Ing. José Lionel Camalich Lagarda en la revista Comercio Exterior Sonorense (Sonora's Foreign Trade), revista de circulación en México y algunos Estados de EUA.

17-21 de Noviembre de 2003.- Curso de entrenamiento de *Cactoblastis cactorum* en Tallahassee, Florida, EUA, del PROYECTO MEX 5028 financiado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), cuyo objetivo fue adquirir experiencia e información práctica orientada a campo para la identificación, monitoreo y manejo de *Cactoblastis cactorum* Berg.

9-10 de diciembre de 2003.- Participación en el taller sobre la palomilla del nopal organizado por USDA, APHIS, PPQ, en Miami, Florida, USA.

Diciembre de 2003.- Se enviaron 3 proyectos referentes a la palomilla del Nopal para el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) de Viena, Austria, con la finalidad de que dichos documentos sean analizados y aprobados para recaudar fondos, los cuales serán destinados a investigación, capacitación y un foro regional, dichos proyectos se titulan:

Proyecto para el bienio 2005-2006: "Campaña Nacional Preventiva Contra la Palomilla del Nopal *Cactoblastis cactorum* en México".

Proyecto propuesta: "Foro Regional sobre las Perspectivas del Uso de la Técnica del Insecto Estéril para la Prevención y Control de la Palomilla del Nopal *Cactoblastis cactorum* Berg. (Lepidóptera: Pyralidae)", realizado en la Planta MOSCAMED de Tapachula, Chis, del 7 al 11 de junio de 2004.

Proyecto Emergente para el 2004: "Campaña Nacional Preventiva para Evitar la Introducción, Dispersión y Establecimiento de la Palomilla del Nopal *Cactoblastis cactorum* Berg. en México".

De Enero a Diciembre de 2003.- Se realizaron 6 cursos de capacitación en distintas partes del país a oficiales responsables de la expedición de Certificados de Movilización Nacional de Productos Fitosanitarios, donde también se imparte el tema de la Palomilla del Nopal, informándoles de las acciones que contempla la campaña preventiva y como se realizan, dirigido a personal oficial de las Delegaciones de la SAGARPA .

Enero de 2004.- Insect Pest Control Newsletter, FAO-IAEA publica los avances de la campaña preventiva contra la palomilla del nopal en México, haciendo énfasis de los apoyos que ellos han aportado al País y del interes que ha puesto México de protegerse, logrando con ello capacitaciones en los lugares donde se encuentra presente la plaga, elaboración de un libro y vídeo.

Febrero de 2004.- La revista EXPANSIÓN, revista dedicada al sector empresarial, publica un artículo sobre la palomilla del nopal, realizado por el periodista Feike Tycho de Jong a personal de la Dirección General de Sanidad Vegetal de Sanidad Vegetal.

14 de Abril de 2004.- Reunión con el Dr. Francisco García García, Director General de Gestión Forestal y Suelos de la SEMARNAT, con la finalidad de establecer un acuerdo en beneficio de la campaña preventiva contra la Palomilla del Nopal.

11 de mayo de 2004.- Reunión del Subcomité de Campañas para analizar el proyecto de NOM de Palomilla del Nopal, de donde se emitió el proyecto de NOM.

27-30 de Julio de 2004.- Se realizó el Foro Internacional Regional Sobre Palomilla del Nopal *Cactoblastis cactorum* Berg, organizado de manera conjunta entre el Organismo Internacional de Energía Atómica y la Dirección General de Sanidad Vegetal, en la Ciudad de México, D. F., en este foro se contó con la participación de reconocidos y prestigiados investigadores internacionales (Florida, E.U.A. y Sudáfrica) y nacionales, productores de nopal (verdura y tuna), representantes del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (por sus siglas en inglés USDA), de la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO), técnicos de los Comités Estatales de Sanidad Vegetal, de los Gobiernos de los Estados y de las Delegaciones Estatales de la SAGARPA; personal de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, de la Dirección General de Inspección Fitozoosanitaria del SENASICA y personal oficial de la DGSV, entre otros.

2-3 de Agosto de 2004.- Se realizó el simposio "Problemática de la Palomilla del Nopal para México" en el X Congreso Nacional y VIII Internacional, sobre "Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal y Otras Cactáceas de Valor

Económico and Fifth International Congress On Cactus Pear and Cochineal”, en Chapingo, Texcoco, Estado de México, contando con la participación de Investigadores de Sudáfrica, Georgia, Florida y Colorado, Estados Unidos, Cuba y México. Cabe resaltar, que ha este simposio asistieron estudiantes, profesores investigadores, productores, personal del empresas privadas y personas involucradas con el nopal de países como Argentina, Brasil, India, Italia, Sudáfrica, Estados Unidos y Cuba.

27-29 de Octubre de 2004.- Participación con la ponencia de la Palomilla del Nopal, en el XXX Simposio Nacional de Parasitología Agrícola, realizado en San Luis Potosí, S. L. P.

Enero a Diciembre de 2004.- Se realizaron 5 cursos de capacitación en distintas partes del país, dirigido a oficiales responsables de la expedición de Certificados de Movilización Nacional de Productos Fitosanitarios, donde también se imparte el tema de la Palomilla del Nopal, informando las acciones que contempla la campaña preventiva y como se realizan.

Septiembre a Octubre de 2004 se distribuyeron 2,900 libros versión español titulado: “Biología, historia, amenaza, monitoreo y control de la palomilla del nopal *Cactoblastis cactorum*. 50 libros versión inglés, y 80 videos titulado: “La palomilla del cactus, Una amenaza económica, social y ecológica”, a más de 100 Instituciones públicas y privadas, nacionales e internacionales para reforzar las actividades de divulgación de la campaña.

Octubre de 2004.- Los Avances del muestreo en los Estados de la Campaña Contra la Palomilla del Nopal, son los siguientes: Se tienen una superficie muestreada de 24,601.109 hectáreas, en superficie comercial y se han georreferenciado 6,080 puntos en áreas silvestres los cuales se tienen bajo observación, confirmando con esto la no presencia de la palomilla del nopal en México.

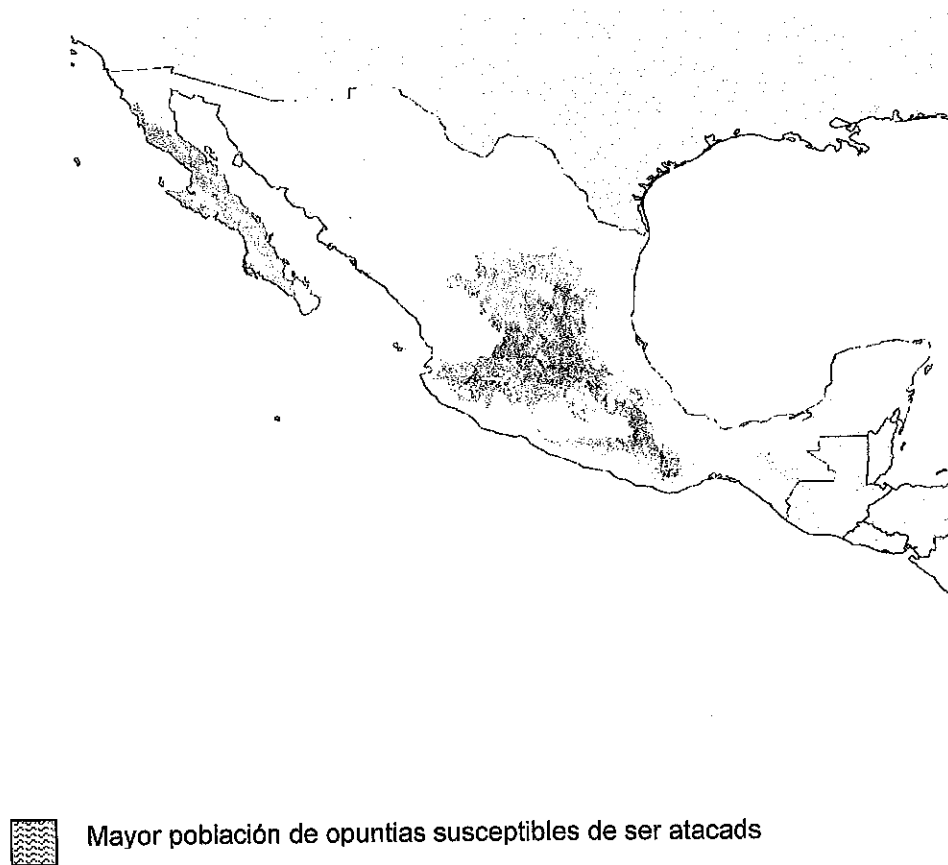


Figura 9. Distribución y regiones de alta riqueza de especies de *Opuntia* en México, Tomado de CONABIO, 2000

V.- ANALISIS Y DISCUSIÓN

5.1 Probabilidad de introducción de *C. cactorum* a México

Las palomillas son excelentes voladoras y por lo tanto, capaces de migrar en forma natural de Florida a través de los estados vecinos hacia el norte de México. *C. cactorum* ya migró de los cayos de Florida al continente, donde continúa extendiéndose. El USDA-ARS (United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service) ha investigado la posibilidad de utilizar un entomopatógeno específico (*Nosema* sp.) en su control biológico, sin resultados positivos. Hasta ahora ha sido imposible erradicar a *C. cactorum* de Florida.

Dado a que los países del Caribe tienen fuertes infestaciones de *C. cactorum* en *Opuntia* nativas e introducidas: Puerto Rico, Antigua, Nevis, St. Kitts, Montserrat, Bahamas y la República Dominicana, cualquier embarque que contenga plantas hospederas de esos países puede considerarse como de alto riesgo para México por la posibilidad de estar infestado con *C. cactorum*. De 1981 a 1986 hubo 13 intercepciones de larvas de *C. cactorum* en Miami, EUA. Las larvas fueron encontradas en un vivero comercial en Florida dentro de cladodios de *Opuntia* originarios de un proveedor de la República Dominicana.

La mayoría de las 300,000 plantas de *Opuntia* que llegaron a Miami, EUA procedentes de la República Dominicana, durante los años 80's, arribaron por mar. Un embarque en un vuelo México-Miami también fue interceptado en 1992 porque contenía material infestado con *C. cactorum*.

La importación de plantas infestadas es la vía más factible de introducción de *C. cactorum* a México. Es poco probable que el insecto se desplace naturalmente por aire desde alguna de las islas infestadas. Dado a la cantidad de plantas cultivadas en México, estas posibilidades se incrementan en forma considerable; el nopal *O. ficus-indica* y sus frutos sería la especie más afectada.

5.2 Consecuencias Ecológicas y Económicas por la introducción de *Cactoblastis cactorum* en México

Consecuencias a corto plazo

- *C. cactorum* disminuye la producción de nopales en las zonas más afines a su distribución original, Tamaulipas y Nuevo León.
- Son afectadas las nopaleras del Norte del País

Consecuencias a mediano plazo

- Se reduce la tasa de producción de nuevos cladodios y producción de tunas
- Disminución en la tasa de reclutamiento a las poblaciones con una consecuente disminución en los tamaños poblacionales
- Favorece el ataque de patógenos a las plantas afectadas
- Eliminación de poblaciones de *Opuntia*

Consecuencias a largo plazo

- Destrucción de zonas de nopalera de importancia económica.
- Adaptación de *C. cactorum* a nuevos ambientes, pudiendo colonizar zonas y especies de *Opuntia* aún no afectadas por este insecto
- La disminución de las poblaciones de platyopuntias llevaría a una disminución de la poza génica y por lo tanto de la posibilidad de adaptarse a nuevos ambientes o factores ecológicos externos

5.3 Perspectivas

Contar con todos los elementos necesarios que permitan realizar el control oportuno de cualquier foco de infestación de la palomilla del nopal, terminar el proyecto de NOM-084-FITO-2004, para prevenir el arribo de la palomilla del nopal a México, así como, Establecer los acuerdos de cooperación técnica con los diferentes países involucrados con la problemática de la palomilla del nopal para lograr su control y erradicación de las áreas cercanas a México.

VI-. CONCLUSIONES

- El impacto del daño de *C. cactorum* a la mayoría de las plantas nativas o cultivadas del género *Opuntia* en México podría ser considerable, siendo las especies pequeñas las más vulnerables.
- A pesar del ataque de *cactoblastis* observado sobre todas las especies *Opuntia* nativas en Florida, EUA, no todas las especies *Opuntia* en México y los Estados Unidos serán hospederas preferenciales y los mecanismos de selección de hospederas, nos permitirán una predicción mejor fundamentada de la real amenaza a la flora de *Opuntia* nativa.
- El potencial de establecimiento de *Cactoblastis cactorum* es muy alto dado el número de especies hospederas con la que México cuenta y por los antecedentes de las especies que se encuentran en el país y que se tiene conocimiento de su ataque y preferencia por *Cactoblastis*.
- La invasión de *C. cactorum* se considera como una verdadera amenaza para las poblaciones de nopal. En México se tienen más de 57 especies de *Opuntias*, algunas de las cuales se encuentran en poblaciones restringidas (p. ej. *O. bravoana* y *O. excelsa*).
- Las consecuencias que puede tener el país por la presencia de *C. cactorum* sería la disminución de la producción de nopales en las zonas más afines a su distribución original, reducción de la tasa de producción de nuevos cladodios, destrucción de zonas de noplera de importancia económica y paulatinamente la eliminación de poblaciones de *Opuntia*.

- Los resultados indican que los Estados de Nuevo León, Distrito Federal, San Luís Potosí, Zacatecas, Tamaulipas y Yucatán, son las zonas productoras y naturales con un alto potencial de introducción y establecimiento debido al número de especies hospederas, efectos climáticos, comercio, turismo o por introducción con fines de investigación.
- Debido a la importancia que representa el cultivo del nopal para el país, se debe continuar dando prioridad en evitar la introducción de *C. cactorum* y crear una barrera al paso de esta plaga.
- Se deberá fortalecer el esquema cuarentenario a fin de evitar la introducción de *C. cactorum* mediante el comercio con otros países donde ha detectado la presencia de la plaga.

VII.- LITERATURA CONSULTADA

1. Alvarado y S., L. 1978. Fisiología y bioquímica del desarrollo del fruto del nopal tunero (*Opuntia Amiclaea Tenore*). ENA. Colegio de Postgraduados. Maestro en Ciencias Especialista en fruticultura. Chapingo México.
2. ASERCA, 1999. La Tuna, Testigo de nuestra historia. En revista Claridades Agropecuarias. Vol. 71. p. 4. de ASERCA.
3. Baca C., G. A. 1990. Deficiencias nutrimentales inducidas en nopal, proveniente de cultivo in vitro. En López G., J.J. y M.J. Ayala O. (Ed.). El Nopal. Memorias de la 3er reunión Nacional y 1a Internacional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. B. Saltillo Coahuila, México. p 155-163.
4. Barrientos, P.F. 1969. El Mejoramiento del Nopal (*Opuntia* spp.) en México. Simposio Internacional sobre el Aumento de la producción de Zonas Aridas. Ed. Texas Tecnológico College. Lubbock Texas.
5. Bautista, C.R. 1982. Los Agrosistemas Nopalers del Valle de México. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Departamento de Zonas Aridas. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo. de México.
6. Bravo, H. H. 1978. Las Cactáceas de México. 2ª Edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
7. Becerra, R.S. 1975. Eficiencia Fotosintética del Nopal en Relación a la Orientación de sus Cladodios. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.
8. Benson, L. 1982. The cacti of the United States and Canada. Stanford University Press, Stanford, California.

9. CABI, 2005. Crop protection compendium global module CD. CAB International. Base de datos.
10. Dodd, A.P. 1940. The biological campaign against prickly pear. Commonwealth Prickly Pear Board, Brisbane, 1-177.
11. Elizalde, J. N. A. 2001. Evaluación de riesgos fitosanitarios en el comercio internacional de productos vegetales. En Maestría Tecnológica en Medidas Sanitarias y Fitosanitarias. Módulos V y VI: Epidemiología y Análisis de Riesgo. Compilador: Cibrián Tovar Juan. C. P. y SAGARPA. Motecillo, México. pp 85-102.
12. FAO, 2004. Directrices para el análisis de riesgo de plagas. Normas Internacionales para medidas fitosanitarias. Sección 1- Reglamentación para la importación. Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 18 pp.
13. FAO, 2004. Glosario de términos fitosanitarios. Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias. Editado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia.
14. Flores V., C. A. y J. Olvera M. 1994. El sistema-producto nopal verdura en México. SARH-UACH-CIESTAAM. Chapingo, Méx. 149 p.
15. Flores V., C.A., Gallegos V., C. 1994. Sistema Producto Tuna. SAGAR, UACH, CIESTAAM. Chapingo, Edo. de México.
16. Flores V., C. Ramirez M., de Luna E. y Ponce. 1997 Diagnóstico y programa de desarrollo del Sistema Producto Tuna, SAGAR, UACH, CIESTAAM. Chapingo, Edo. de México.

17. Fullaway, D.T. 1954. Biological control of cactus in Hawaii. *Journal of Economic Entomology* 47:696-700.
18. García M., R. 1990. Notas sobre mercados y comercialización de Productos agropecuarios. Colegio de Postgraduados, Centro de Economía. Montecillos, Edo. de México.
19. Garcia-Tuduri, J, L.F. Martorell & S. Medina Guad 1971. Geographical distribution and host plant list of the cactus moth, *Cactoblastis cactorum* (Berg) in Puerto Rico and the United States Virgin Islands. *Journal of the Agricultural University of Puerto Rico* 55: 130-134.
20. Greathead, D.J. 1971. A review of biological control in the Ethiopian region. Technical Communication No. 5, Commonwealth Institute of Biological Control, Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough. 1-162.
21. Gutiérrez, R. J. M. 1998. Cuarentena vegetal y el comercio internacional. In: Simposio. Legislación Fitosanitaria y el Marco Laboral del Ingeniero Agrónomo Parasitólogo. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, México.
22. Habeck, D.H. & F.D. Bennet. 1990. *Cactoblastis cactorum* Berg (Lepidoptera: Pyralidae), a phycitine new to Florida. *Entomology Circular* 333, 4 pp.
23. Hight, S.D., J.E. Carpenter, K.A. Bloem, S. Bloem, R.W. Pemberton & P. Stiling 2002. Expanding geographical range of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) in North America. *Florida Entomologist* 85: 527-529.
24. Hoffmann, A.E., 1989. Cactaceas en la flora silvestre de Chile. p. 272. Educaciones Fundaciones Claudio Gay. Empresa El Mercurio Santiago de Chile.

25. Hoffmann, J.H., V.C. Moran & D.A. Zeller 1998a. Evaluation of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Phycitidae) as a biological control agent of *Opuntia stricta* (Cactaceae) in the Kruger National Park, South Africa. *Biological Control* 11: 20-24.
26. Johnson, D.M. & P.D. Stiling 1996. Host specificity of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae), an exotic *Opuntia*-feeding moth, in Florida. *Environmental Entomology* 25: 743-748.
27. Johnson, D.M. & P.D. Stiling 1998. Distribution and dispersal of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae), an exotic *Opuntia*-feeding moth, in Florida. *Florida Entomologist* 81: 12-22.
28. Julien, M.H. & M.W. Griffiths (eds.) 1998. Biological control of weeds. A world catalogue of agents and their target weeds, 4th Edition. CABI Publishing, Wallingford, 1-233.
29. López J., A. y P. Cruz H. 1990. Contenido nutrimental en tallos y raíces en nopal tunero En López G., J.J. y M.J. Ayala O. (Ed.). *El Nopal. Memorias de la 3er reunión Nacional y 1a Internacional*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo Coahuila, México.
30. Mann, J. 1969. Cactus-feeding insects and mites. *Smithsonian Institution Bulletin* 256, Washington D.D. 1-158
31. McFadyen, R.E. 1985. Larval characteristics of *Cactoblastis* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) and the selection of species for biological control of prickly pears (*Opuntia* spp.) *Bulletin of Entomological Research* 75: 159-168.
32. Méndez G., S.J. y J.J. Martínez H. 1990. Efecto de la fertilización química y orgánica en tres formas de nopal (*Opuntia* spp.) sobre el rendimiento de una

- plantación comercial de Ojo caliente, Zacatecas. (Ed.). El Nopal. Memorias de la 3er reunión Nacional y 1a Internacional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista Saltillo Coahuila, México.
33. Moran, V.C. & H.G. Zimmermann 1984. The biological control of cactus weeds: Achievements and prospects. *Biocontrol News & Information* 5: 297-320.
34. Nava, C.R. et al. 1981. Dinámica Poblacional del Ecosistema de *Opuntia streptacantha* LEMAIRE. Monografía Técnico-Científica (serie; Recursos Naturales). Vol. 7 Núm. 5. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
35. Nobel, S.P. 1994. Remarkable agaves and cacti. Oxford University. Press. Nueva York. 166p.
36. Pemberton, R.W. 1995. *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) in the United States. An immigrant biological control agent or an introduction of the nursery trade? *American Entomologist* 41: 230-232.
37. Petter, F.W. 1948. The biological control of prickly pear in South Africa. *Science Bulletin, Department of Agriculture of the Union of South Africa* 271: 1-163.
38. Pimienta B., E. 1986. Establecimiento y manejo de plantaciones de nopal tunero en Zacatecas. CIANOC, SARH-INIFAP. Publicación especial 5:1-34.
39. Pimienta B., E. 1990. Tesis, El nopal tunero. Universidad Autónoma de Guadalajara. Jalisco, Méx.

40. Robertson, H.G. 1989. Seasonal temperature effects on fecundity of *Cactoblastis cactorum* (Berg) (Lepidoptera: Pyralidae): Differences between South Africa and Australia. *Journal of the Entomological Society of Australia* (N.S.W.) 52: 71-80.
41. Robertson, H.G. & J.H. Hoffmann 1989. Mortalities and life-tables of *Cactoblastis cactorum* (Berg) (Lepidoptera, Pyralidae) compared on two host plant species. *Bulletin of Entomological Research* 70: 7-17.
42. SAGARPA, 1994. Ley Federal de Sanidad Vegetal. Subsecretaría de Agricultura. Dirección General de Sanidad Vegetal. México. 48 pp.
43. SAGARPA, 1996a. Norma oficial mexicana NOM-006-FITO-1996. Por la que se establecen los requisitos mínimos aplicables a situaciones generales que deberán cumplir los vegetales, sus productos y subproductos que se pretendan importar cuando éstos no estén establecidos en una Norma Oficial específica. México. 9 pp.
44. SIAP, 2005. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). Ver. 1.1 Base de datos electrónica. Centro de Estadística Agropecuaria (CEA). Eds. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comanuar.html
45. Simmonds, F.J. & F.D. Bennett 1966. Biological control of *Opuntia* spp. by *Cactoblastis cactorum* in the Leeward Islands (West Indies). *Entomophaga* 11: 183-189.
46. Starmer, W.T., V. Aberdeen & M.A. LaChance. 1987. The yeast community associated with decaying *Opuntia stricta* (Haworth) in Florida with regard to the moth, *Cactoblastis cactorum* (Berg). *Florida Scientist* 51:7-11.

47. Stiling, P. 2002. Potential non-target effects of a biological control agent, prickly pear moth, *Cactoblastis cactorum* (Berg) (Lepidoptera: Pyralidae), in North America, and possible management actions. *Biological Invasions* 4: 273-281.
48. Stiling, P., A. Rossi & D. Gordon 2000. The difficulties of single factor thinking in restoration: replanting a rare cactus in the Florida Keys. *Biological Conservation* 94: 327-333.
49. Viguera, A.L. & L. Portillo 2001. Uses of *Opuntia* species and the potential impact of *Cactoblastis cactorum* in Mexico. *Florida Entomologist* 84(4): 493-
50. Zimmermann, H.G., R.E. McFadyen & H.E. Erb 1979. Annotated list of some cactus-feeding insects of South America. *Acta Zoologica Lilloana* 32: 101-112.
51. Zimmermann, H.G. & M. Perez-Sandi y Cuen 1999. A new insect pest on *Opuntia* in wait for Mexico. *Memorias VIII Congreso Nacional y VI Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*. University of San Luis Potosi, Mexico. 99. 333-341.
52. Zimmermann, H.G., M. Perez-Sandi y Cuen, J. Golubov, J. Soberón M & J. Sarukhan K. 2000. *Cactoblastis cactorum*, una nueva plaga de muy alto riesgo para las opuntias de Mexico. *Biodiversitas* 33: 2-13.
53. Zimmermann H. G, Bloem S. y Klein H. 2004. Biología, historia, amenaza, monitoreo y control de la palomilla del nopal *Cactoblastis cactorum*. FAO/IAEA.
54. Zúñiga T., R. 2002. Desarrollo radical y producción de nopalito *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill en función de la biodegradación del estiércol bovino en diferentes profundidades. Tesis doctoral. Fac. Agronomía, UANL.