



**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**

---

**División De Ciencias E Ingeniería**

**IMPACTO AMBIENTAL QUE CAUSA EL  
*Cactoblastis cactorum* (PALOMILLA DEL NOPAL)**

**MONOGRAFIA**  
Para obtener el grado de  
**LICENCIADA EN INGENIERIA AMBIENTAL**

**PRESENTA**  
**SAYDE ERIKA RAMOS DOMINGUEZ**

**DIRECTOR DE MONOGRAFIA:**  
**M.C. JUAN ANTONIO RODRÌGUEZ GARZA**

**Chetumal Quintana Roo, México, Mayo de 2008**

# CONTENIDO

## CAPITULO I

I.- Resumen.....	1
I.1.- Introducción.....	2
I.2.- Justificación.....	3
I.3.- Revisión bibliográfica.....	4
I.4.- Antecedentes .....	8
I.5.- Objetivos. ....	12

## CAPITULO II

### GENERALIDADES

II.1.- Taxonomía del nopal.....	13
II.2.- Importancia ecológica y económica del género <i>Opuntia</i> .....	16
II.3.- Aspecto perjudicial del <i>C. cactorum</i> al género <i>Opuntia</i> .....	17
II.4.- Clasificación taxonómica .....	18
II.5.- Descripción del <i>Cactoblastis cactorum</i> .....	19
II.6.- Estadio de vida del <i>Cactoblastis cactorum</i> .....	20
II.7.- Ciclo de vida del <i>Cactoblastis cactorum</i> . ....	21
II.7.1.- Huevo .....	21
II.7.2.- Larva .....	22
II.7.3.- Metamorfosis.....	23
II.7.4.- <i>Cactoblastis cactorum</i> adulto .....	25
II.8.- Conducta de oviposición .....	26

## CAPITULO III

### IMPACTOS ECOLOGICOS GENERADOS

III.1.- Características que hacen al <i>C. cactorum</i> tan destructiva. ....	28
III.2.- Dispersión inadvertida .....	29

## CAPITULO IV

### CONTROL Y PREVENCIÓN

IV.1.- Métodos de control.....	¡Error! Marcador no definido.
IV.1.1.- Control manual del <i>C. cactorum</i> en diferentes estadios .....	32
IV.1.2.- Métodos de contro biológicos .....	33
IV.1.3.- Métodos de Control químico .....	35
IV.1.4.- Prevención de daños .....	¡Error! Marcador no definido.
IV.2.- Capacitación a técnicos y productores.....	36
IV.3.- Divulgación .....	37

## CAPITULO V

### SITUACIÓN ACTUAL EN EL ESTADO DE QUINTANA ROO

V.1.- Ubicación actual de la palomilla de nopal .....	37
V.2.- Isla Mujeres.....	38
V.2.1.- Programa de monitoreo .....	39
V.3.- Monitoreos en el estado de Quintana Roo..	¡Error! Marcador no definido.
V.4.- Monitoreos en el estado de Yucatán .....	¡Error! Marcador no definido.
V.5.- Monitoreos en el estado de Campeche.....	¡Error! Marcador no definido.
V.6.- Resultados finales de los monitoreos realizados por SAGARPA	¡Error! Marcador no definido.
V.6.1.- Resultados de los monitoreos realizados en el estado de Yucatán	¡Error! Marcador no definido.
V.6.2.- Resultados de los monitoreos realizados en el estado de Campeche	¡Error! Marcador no definido.
V.7.- Monitoreo directo de la plaga.....	43

## CAPITULO VI

### ACCIONES REALIZADAS DE MANERA INICIAL POR LA SAGARPA PARA ERRADICAR LA PRESENCIA DEL *C. cactorum* EN ISLA MUJERES

VI.1.- Delimitación de la zona del brote .....	¡Error! Marcador no definido.
VI.2.- Eliminación de los cladodios dañados .....	¡Error! Marcador no definido.
VI.3.-Colecta de bastones de huevecillo .....	¡Error! Marcador no definido.

VI.4.- Aplicación de insecticida .....¡Error! Marcador no definido.  
VI.5.- Capacitación .....¡Error! Marcador no definido.

## **CAPITULO VII**

### **ACCIONES DEFINITIVAS PARA LA OPERACIÓN DEL PROGRAMA DE ERRADICACIÓN DE LA PLAGA EN ISLA MUJERES**

VII.1.- Eliminación de nopaleras ..... 46  
VII.2.- Eliminación de oviposturas ..... 47  
VII.3.- Monitoreo de adulto macho..... 47  
Conclusiones ..... 49  
Anexos..... 50  
Literatura citada ..... 58  
Fuente electrónica ..... 63

## RESUMEN

En este trabajo se resalta la importancia que tiene tomar en cuenta las medidas o métodos de control para evitar que *Cactoblastios cactorum* pueda convertirse en una plaga más del nopal, se describe el desarrollo de este insecto lepidóptero, además de la apariencia de cada uno de los estadios; se describe cada uno de los métodos de control utilizados hasta el momento, y las medidas y tipo de monitoreo que las autoridades mexicanas han seguido desde su aparición en Isla Mujeres. Se discute cada uno de los diferentes métodos de control, se da especial énfasis a los métodos de control biológicos, ya que estos métodos son los menos nocivos al ambiente. En el recuento de los daños que ha ocasionado en diferentes partes del mundo, desde su introducción a Australia con fines de control biológico, se describe su forma de ataque, desde la oviposición de la palomilla sobre la penca de nopal, hasta el momento en que se dispersa para ocasionar daños a otras plantas, además de la forma en que le ocasiona daño. Esta acción en un momento benéfica, cuando las nopaleras llegaron a afectar grandes extensiones del continente australiano, se volvió a llegado a tornar peligrosa para quienes dependen del nopal como principal fuente de sustento, afectando una buena parte de la economía de México. Se hace especial énfasis en su llegada a la cuenca del Caribe y la forma en que se encontró por primera vez en suelo mexicano.

# CAPITULO I

## I.1.- Introducción

En México, las especies de nopal (*Opuntia*) tienen gran importancia dentro de la esfera ambiental, económica, social y cultural; están presentes en gran parte del territorio nacional y son fundamentales en el equilibrio ecológico, además de ser básicas en la alimentación de millones de mexicanos y son recursos y productos agropecuarios vitales para el país.

Entre las actividades humanas que más impacto tienen en la naturaleza, están el uso de compuestos químicos en el campo y la introducción de especies exóticas. El uso de *Cactoblastis cactorum* (*Pyralidae*) corresponde al segundo caso, este insecto, conocido como palomilla del nopal, fue usado con éxito como método de control biológico en la primera mitad del siglo XX, para acabar con miles de hectáreas de *Opuntia* indeseables en ciertos países, tales como Australia. Desafortunadamente, en la segunda mitad del mismo siglo, fue utilizado de manera irresponsable en varios lugares, principalmente en el caribe. Actualmente el manejo de *C. cactorum* se encuentra fuera de control, por desgracia para México, ya se encuentra en Florida, Estados Unidos, y otras islas del caribe, por lo hay un alto riesgo de que la infestación de *C. cactorum* se desplace a México y ataque a las especies de nopal del país, no solo a las silvestres, lo que impactaría su biodiversidad, sino a las miles de hectáreas de nopal cultivado, que son fuente de ingresos para un gran número de mexicanos.

Las condiciones climáticas de México favorecen la invasión de esta palomilla y estudios preliminares sugieren que la zona norte de México, que produce grandes cantidades de tuna y nopal forrajero sería la más afectada.

A todo esto hay que agregar que todos los estados sin excepción, cuentan con una o más especies de *Opuntia*, por lo que una investigación bibliográfica profunda sobre varios aspectos relacionados con el insecto, será de gran valor para adoptar medidas pertinentes para su oportuna detección y control.

## I.2.- Justificación

En el proceso de utilización de especies introducidas, se ha observado una adaptación del nuevo ambiente, causando una transformación en este y muchas veces una pérdida masiva de especies nativas. Las especies introducidas ocupan recursos que las especies nativas también usan y en el caso más lamentable pueden desplazar por completo o causar la extinción de las especies nativas (según la vulnerabilidad de la especie) (Sarukhán *et al.* 1996, Dirzo, 2001).

Para el control de la nueva especie se han utilizado agroquímicos, insecticidas y herbicidas, se ha observado que estos afectan a todas las especies del entorno y deterioran la riqueza del suelo, lo cual se traduce como pérdida de la biodiversidad (Toledo *et al.* 1989, Carabias *et al.* 1994).

Se debe considerar que la implementación de proyectos de control biológico requiere de la introducción masiva y/o manipulación de especies nativas o exóticas en determinado ecosistema (Aluja *et al.* 1990, Simberloff y Stiling 1996, Louda *et al.* 2002), lo cual fomenta nuevas asociaciones interespecíficas tales como competencia, coevolución y depredación entre especies de interés y de no interés en el biocontrol (Murdoch y Briggs 1996, Simberloff y Stiling 1996). Es necesario evitar manejos prematuros como agentes de control biológico inadecuados, ya que en el caso más lamentable se llegaría a la extinción de especies nativas que no son plaga. (Simberloff y Stiling 1996, Baeza-Larios *et al.* 2002, Louda *et al.* 2002).

La elaboración de proyectos de control biológico, requiere de predicciones de impacto ecológico ante la manipulación de especies (Simberloff y Stiling 1996), con base en estudios detallados de biología, ecología, etología y formas de vida de las especies que son plaga y de sus depredadores naturales.

Estos requerimientos son estrictamente necesarios para regular la abundancia de organismos indeseables, sin alterar el orden del ecosistema más allá de las especies de interés (Aluja *et al.* 1990, Murdoch y Briggs 1996, Aluja 1999, Louda *et al.* 2002).

Tales restricciones se han implementado a causa de manejos de control biológico que han sido deficientes en la prevención de daños subsecuentes. Un ejemplo claro de esto es el caso de *Cactoblastis cactorum* (*Lepidoptera: Pyralidae*). El papel inicial de *C. cactorum* como agente de control biológico de plantas invasoras de *Opuntia*, cambió cuando *C. cactorum* se transformó en una poderosa plaga introducida para las especies nativas de *Opuntia* (Zimmermann *et al.* 2001).

A tal grado salió de control que actualmente el *C. cactorum* ya está en la Florida, bajo el riesgo de que se desplace a México el cual alberga la mayor diversidad de especies de *Opuntia* de las cuales 57 especies de nopal se encuentran en México. Su uso es tradicional para un gran número de mexicanos, al ser utilizado como alimento para seres humanos y animales, así como insumo para otros productos de uso cotidiano (Zimmermann *et al.* 2000a, 2001 y 2004, Soberón *et al.* 2001).

Los productos derivados (frutos, hortalizas y forraje para ganado) del nopal representan en promedio para los últimos 10 años, 0.88% de la superficie sembrada, con un valor de cerca de 475 millones de pesos anuales y 1.32 % del valor total de productos agrícolas producidos en nuestro país (CONABIO, 2002).

Debido a la gran importancia Económica, Ecológica y Social se deben de tomar medidas preventivas para una posible invasión del *C. cactorum* a especies *Opuntia* a nuestro país.

### **I.3.- Revisión bibliográfica**

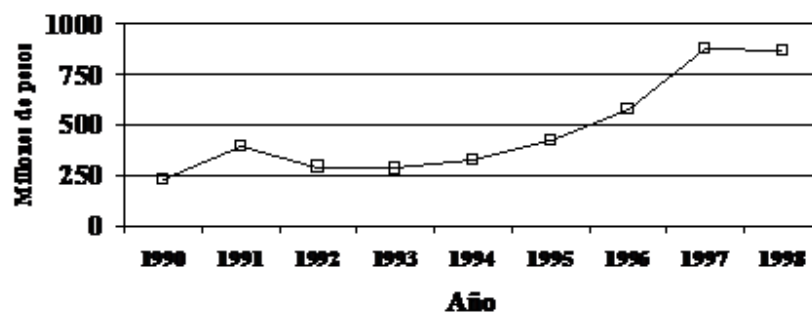
Se calculan que el grado de endemismos de las especies introducidas es del orden de 78% y de 73% a nivel de géneros, mientras que Arias (1993) estima que el endemismo a nivel de géneros es de 35% y el de especies es de 84%; aunque las cifras difieren, ambos trabajos coinciden en que el porcentaje de endemismos en México es muy alto. De las tres subfamilias, *Cactoideae* es la que más especies tienen y comprende aproximadamente 110 géneros (Gibbons y Nobel, 1986; y Bravo-Hollis, 1978); la subfamilia *Opuntioideae* está representada en México por tres géneros (*Pereskioopsis*, *Nopalea* y *Opuntia*; Bravo-Hollis, 1978). Hay reportes del uso y aprovechamiento de las *cactáceas* desde la época prehispánica; diversas especies se han manejado con fines medicinales, alimenticios y ornamentales (Del Paso y Troncoso, 1886;



Bravo-Hollis 1978; Colunga G-M., *et al.* 1986; Casas *et al.*, 1999). Por estas razones la mayoría de las *cactáceas* están amenazadas de desaparecer o en peligro de extinción (Glass, 1998).

Una parte muy importante que este conjunto de planta esta conformado por los nopales que son de los ecosistemas más diversos de las zonas áridas, como por ejemplo en los estados de Guanajuato, Chihuahua, San Luis Potosí y Zacatecas, o pueden estar representados por algunos individuos esporádicos en casi todos los tipos de vegetación (Miranda y Hernández-X., 1963; Rzedowski, 1983; Mandujano *et al.*, 1996; González- Espinosa, 1999). Además de la gran diversidad de ambientes en los que pueden encontrarse, los nopales pueden presentar formas de vida distintas: rastreras, arbustivas y arborescentes.

Como se muestra en la Fig.1. La comercialización de los productos del nopal (principalmente fruta y forraje) en México en los últimos años genera en promedio, alrededor de 9.8 millones de dólares en exportaciones principalmente a los Estados Unidos, representando una industria en crecimiento que genera en promedio 475 millones de pesos anuales.



**Figura 1. Valor de la producción de nopal en México (CONABIO 2002).**

Al llegar la palomilla del nopal a territorio mexicano podría convertirse en una plaga que afectaría a las comunidades desérticas y, por supuesto, la economía de diversas familias mexicanas, pues tanto en el desierto y en la selva, el nopal representa una importante fuente de recursos tanto para el hombre como para los animales (CONABIO, 2002).

De acuerdo al programa de monitoreo realizado por la SAGARPA en el 2006 en Quintana Roo, se encontraron las siguientes especies de *Opuntia*:

*Opuntia (Nopalea) cochenillifera*. Es probable que ésta especie sea la más abundante en la Península de Yucatán. La mayoría de las veces se cultiva como planta de ornato en los jardines o como seto. También se utiliza con frecuencia como verdura en comunidades rurales. Es por ello, que esta especie tiene una gran importancia económica en la Península (Zimmermann *et al.* 2006)

*Opuntia dillenii*. Esta especie es idéntica a la encontrada en el Caribe, conocida como *stricta*, *var. dillenii*. Su presencia se limita a la costa de la Península y crece principalmente en tierras arenosas húmedas, a menos de un kilómetro de la orilla del mar o de los estuarios.

La mayoría de las poblaciones aparecen como plantas dispersas a lo largo de la costa, pero pueden llegar a formar densos grupos de varias hectáreas, son más frecuentes en Yucatán.

Esta especie no tiene otro uso más que el de sus funciones ecológicas: es un importante estabilizador de dunas, refugio y fuente de alimento para reptiles, pájaros, insectos y mamíferos. (Zimmermann *et al.* 2006)

*Opuntia (Nopalea)*. También conocida como *O. inaperta* u *O. gaumeri*. Esta pequeña especie, similar a un árbol, es endémica de la Península de Yucatán, Chiapas, Belice y Guatemala, no era muy común y fue encontrada en los bosques más secos, (conocidos como bosques de la sabana), de Yucatán y Campeche, así como en los márgenes de estos bosques. Parece ser que es la única especie natural asociada con las áreas forestales dominantes en la Península de Yucatán (Zimmermann *et al.* 2006).

*Opuntia sp.* Se trata de una especie introducida, es una variedad arbórea con grandes cladodios y sin espinas, conocida como "oreja de elefante". En algunas partes de México se utiliza como forraje. Se encontraron pocos especímenes de esta especie en Campeche, donde se usa como una planta ornamental (Zimmermann *et al.* 2006)

También se encontraron algunas pequeñas especies de *Opuntia* como plantas de ornato en viveros (SAGARPA 2006).

Como resultado final del programa de monitoreo realizado por SAGARPA Existe una alta probabilidad de que el *C. cactorum* migre de Isla Mujeres a Cancún.

Debido a los fenómenos naturales como son los huracanes que se dan en esta zona y que resultan como medio de dispersión para esta especie y una ruta de entrada para la palomilla del nopal.

Se trata de un asunto de suma importancia. Por desgracia, durante estas inspecciones que realizaron técnicos de SAGARPA no fue posible examinar los jardines de casas y hoteles de la zona costera de Cancún ubicada frente a Isla Mujeres. Por lo tanto no se descarta la posibilidad de seguir realizando monitoreos para detectar la presencia de *C. cactorum* a las islas Contoy y Cozumel, Quintana Roo en donde hay una importante población de *O. dillenii*. Por la cercanía que hay entre estas zonas es posible que la especie se disperse.

En Quintana Roo, México se han identificaron las siguientes hospederas importantes:

- *O. dillenii*: Se limitan a la costa
- *Opuntia (Nopalea) cochenillifera*: común en los jardines y cultivada al interior como fuente de alimento (nopalitos).
- *O. ficus-indica* (un cultivo extenso) Todas estas plantaciones son un buen blanco para el *C. cactorum* y son plantas ideales para trampas.
- *O. microdasys* y otras especies pequeñas de *Opuntia spp* desconocidas que se encontraron en un vivero.

De acuerdo a los resultados finales es conveniente tomar medidas preventivas para enfrentar o en dado caso controlar el arribo del *Cactoblastis Cactorum* en Quintana Roo. Ya que no se descarta la posibilidad de que se pueda desplazar hacia los estados de Norte de México donde hay gran variedad de nopales y cause daños irreparables.

#### **I.4.- Antecedentes**

Inicialmente *C. cactorum* fue introducido con éxito en 1925 como agente de control biológico en Australia, con el fin de controlar a la especie invasora *Opuntia stricta*. En aquella época fue tan exitoso, prácticamente arrasó con la especie invasora de *Opuntia* que ya abarcaba 25 millones de hectáreas. A principios de 1930, se intentó realizar el mismo tipo de control en Sudáfrica para controlar a *O. ficus-indica*, pero nunca se logró erradicar a la especie invasora. No obstante en 1950, *C. cactorum* fue liberado en Hawai y en Mauricio para controlar poblaciones de *O. ficus-indica*, *O. tuna* y *O. monacantha*. Se continuó liberando a *C. cactorum* y a partir de ese momento se extendió por todo el Caribe, atacando diversas especies nativas de nopal, tanto especies consideradas maleza, como especies de interés económico. A tal grado salió de control el manejo de *C. cactorum*, que actualmente ya está en Florida, bajo el riesgo de que se desplace a México. (Zimmermam et al. 2000a, 20001 y 20004, Soberón et al. 2001).

En 1957, se consiguió un envío de *C. cactorum* de Sudáfrica el cual, primero se liberó en Nevis. El control de las especies invasoras de *Opuntia* a través de la palomilla del nopal fue sorprendente (Benett y Habeck 1995). La palomilla del nopal fue subsecuentemente llevada a Montserrat y Antigua en 1962 donde los resultados fueron igualmente impresionantes. Se esparció de forma natural a la isla St. Kitts y a las Islas Vírgenes, y fue registrada en Puerto Rico en las grandes antillas en 1963 (Fig. 2). De aquí paso inadvertidamente a muchas regiones del caribe. (Benett y Habeck 1995).



Figura 2. Distribución actual de *Cactoblastis cactorum* en el área del caribe. Los puntos rojos señalan proyectos oficiales de control biológico y los círculos rojos indican su dispersión inadvertida.

Habeck y Benedett (1989) fueron los primeros en reportar el descubrimiento del *C. cactorum* en el Sur de Florida expandiéndose hasta Georgia, Alabama y Carolina del Sur en Estados Unidos y se le catalogó como el mejor agente de control biológico en Australia y posteriormente en Sudáfrica y Hawai (Zimmermann 2005).

Durante 10 años, el insecto del *C. cactorum* eliminó alrededor de 14 millones de hectárea de Nopaleras (Fig. 3).



Figura 3. Hectáreas de nopaleras devastadas por el *C. Ccatorum* (SAGARPA, 1990-1998).

Pemberton (1995) reportó infecciones de *C. cactorum* en material vegetal infestado proveniente de República Dominicana en embarques de plantas ornamentales.

Actualmente, la palomilla está presente en la mayoría de las islas caribeñas como consecuencia tanto de la introducción accidental o deliberada por parte del hombre como por medios de propagación naturales. A pesar de que existe evidencia convincente de que el insecto *C. cactorum* llegó a Florida como consecuencia del comercio de plantas de vivero, también existe la posibilidad de la propagación natural inducida por los patrones meteorológicos de los ciclones (Zimmermann *et al.*, 2005).

Según (Zimmermann *et al.*, 2000) se han analizado las distintas vías por las que podría llegar la palomilla a México, siendo estas las siguientes:

1.- Por aire, pues las palomillas son excelentes voladoras, capaces de migrar en forma natural desde Florida a través de los estados vecinos hacia el Norte de México.

2.- Por la importación de algún nopal procedente de Puerto Rico, Antigua, Nevis, Sn. Kitts, Montserrat, Bahamas y República Dominicana. Cualquier embarque de coleccionistas, exploradores, naturalistas, horticultores o “viveristas”, que contenga plantas de esos países, es un gran riesgo.

3.- La ruta de entrada más probable desde el Caribe es la importación de plantas infestadas, por ejemplo: a través del comercio de plantas de vivero ya sea por el turismo local o por el intercambio de plantas.

La amenaza latente de *C. cactorum* a las *Opuntia* de México ha generado una extensa campaña dirigida a prevenir la introducción de esta exótica plaga invasora a México. A nivel nacional, está dirigida por la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV), La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) con el apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) a través de un proyecto de cooperación técnica. En paralelo está involucrado el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) quien también ha lanzado un programa de prevención y control en estrecha colaboración con el programa en México (Zimmermann *et al.*, 2006).

La existencia de *C. cactorum* en Norte América pone en riesgo a las poblaciones de nopales de las zonas áridas de México y sur de los Estados Unidos (Zimmermann *et al.* 2006).

## I.5.- Objetivos

### Objetivo general.

Realizar una revisión bibliográfica detallada que permita tener un conocimiento profundo sobre *C. cactorum* a fin de contar con elementos que pudieran ser de utilidad en un dado caso a las instancias fitosanitarias para su oportuna detección y control adecuado, tanto en Quintana Roo como en otras partes de México.

### Objetivos específicos

Explicar los riesgos que implica para México la entrada de *C. cactorum* (palomilla del nopal).

Realizar una descripción sobre los daños ambientales que podría provocar la entrada de la palomilla a las cactáceas silvestres y cultivadas en Q. Roo.

Señalar las medidas preventivas que deben adoptar las autoridades fitosanitarias para controlar la invasión de *C. cactorum*.



## **CAPITULO II.**

### **Generalidades**

#### **II.1.- Taxonomía del nopal**

En México se le llama nopal a varias especies de los géneros *Opuntia* y *Nopalea* de la familia *Cactaceae* (Tabla. 1). El género *Opuntia* representa 100 especies, 5 subgéneros, *Opuntia* *Nopalea* representa 10 especies, de las cuales sólo *N. cochenillifera* se utiliza como Nopal verdura. En nuestro país, se utilizan 38 especies para consumos diversos, quince de ellas como nopal para forraje, seis para tuna: *O.amyclaea* (tuna blanca), *O. megacantha*, *O. robusto*, *O. streptacantha* (tuna cardona), *O. undulafa* y *O. ficus-indica*; y tres para nopal verdura: *O. ficus-indica*, *O. robusta* y la *Nopalea cochellinifera*; mismas que con sus diversas variedades existen en las principales zonas de producción de nuestro país (Martinez 2007).

## ***Opuntia* o Nopal**



**Tabla 1. Descripción taxonómica del Nopal (Martinez 2007).**

Reino	Vegetal
subreino	<i>Embryophita</i>
división	<i>Angiospermae</i>
Clase	<i>Dicotyledonea</i>
Subclase	<i>Dialipetalas</i>
Orden	<i>Opuntiales</i>
Familia	Cactaceae
Subfamilia	<i>Opuntioideae</i>
Tribu	<i>Opuntiae</i>
Género	<i>Opuntia</i> <i>Nopalea</i>
Número de <i>cactaceas</i> a nivel mundial	1600
Número de especies de nopales en México:	100
Especies endémicas de México:	35
Especies de nopales cultivadas	10

En México se encuentran especies del subgénero *Platyopuntia* en todo el territorio, las zonas con alta riqueza de especies son cuatro: Baja California, La Zona central del país, la zona de Puebla y Yucatán. Las zonas con alta similitud ambiental con las de *Cactoblastis cactorum* se encuentran desplazadas hacia el Norte, concentrándose en la porción sur del desierto de Chihuahua y el desierto de Sonora, en Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila.

Como se puede ver en la (Fig. 4) se muestra de color verde intenso los estados con mayor riqueza de *Opuntias* como son Tamaulipas, Norte de Hidalgo, y Zacatecas y las de menor riqueza están representadas con el tono verde medio y son el Altiplano Potosino-zacatecano, Tamaulipas y Nuevo León.



**Figura 4. Distribución y regiones de alta riqueza de especies de *Opuntia* en México (CONABIO 2002).**

## **II.2.-Importancia ecológica y económica del género *Opuntia***

México es uno de los 5 países con mayor diversidad biológica. De las 1600 especies de cactáceas en el mundo, contamos con el 68% y un importante número enfrenta problemas de sobrevivencia. Mientras una tercera parte de las cactáceas se encuentran en peligro de extinción por la modificación y destrucción de hábitat, producto de la ganadería, el desarrollo urbano y el saqueo. Dentro de esta enorme lista no están consideradas las variedades de nopal comestible que se han convertido en plantas de gran interés como fuente de materia prima para la industria alimenticia, química, farmacéutica, ornamental y artesanal.

(1.-<http://www.teorema.com.mx/articulos.php>)

El papel ecológico del nopal es muy importante porque detiene la degradación del suelo deforestado. Es un medio para conservar la humedad y la fertilidad, de ahí su importancia agronómica. Al prevenir la erosión del suelo abate la contaminación y se reducen así las enfermedades bronquiales en los niños, como lo demuestra la investigación que realiza actualmente Yoav Bashan en La Paz, Baja California Sur. El nopal sobrevive tanto en el desierto como en la nieve. En Perú se encuentra cultivado en Arequipa, a nivel del mar, y silvestre en el Valle del Colca, a más de 4,000 metros sobre el nivel del mar. Igualmente se halla en México en zonas áridas con menos de 250 milímetros anuales de precipitación pluvial; y en las semiáridas, con precipitaciones de 250 a 450 mm. Es una planta que presenta pocas exigencias en su manejo, tolera suelos notablemente deficientes en nutrientes, responde muy bien a condiciones mejoradas con riego, fertilización y control de plagas, enfermedades y malezas.

Los nopales pueden ser parte dominante del paisaje y formar grande extenciones de terrenos denominados Nopaleras siendo estos uno de los ecosistemas más diversos de las zonas áridas. (Miranda y Hernández, 1963; Rzedowski, 1983; Mandujano et al. ; Gonzales-Espinosa, 1999).

### II.3.- Aspecto perjudicial de *Cactoblastis cactorum* al género *Opuntia*

El mayor peligro que representa *C. cactorum* para *Opuntia* es debido a que el parásito es generalista y potencialmente puede atacar a las 100 especies de *Opuntia* registradas en el México (Tabla 2). Como desventaja adicional al hecho de que sea generalista, las larvas son capaces de alimentarse del tronco del nopal y así inducir la muerte del individuo. Del mismo modo, gracias a los orificios hechos por las larvas al introducirse a la penca, la planta es susceptible a ser atacada por microorganismos y desarrollar enfermedades secundarias. Finalmente y a causa de que larvas de *C. cactorum* son parásitos gregarios, con la capacidad de desplazarse a otras pencas, y ocasionar mas fácilmente la muerte del individuos pequeños (Zimmermann *et al.* 2000; 2004).

**Tabla 2. Especies de *Opuntia* en México y se conoce que han sido atacadas por *C. cactorum* (CONABIO 2002).**

<i>Opuntia ficus-indica</i>	<i>Opuntia spinulifera</i>
<i>Opuntia-lindheimeri</i>	<i>Opuntia streptacantha</i>
<i>Opuntia-macrorhiza</i>	<i>Opuntia stricta</i>
<i>Opuntia-megacantha</i>	<i>Opuntia tomentosa</i>

#### II.4.-Clasificación taxonómica del *Cactoblastis cactorum*



Figura 5. Demostración del *Cactoblastis cactorum* (Arita et al, 2004).

Tabla 3. Clasificación taxonómica del *Cactoblastis cactorum* (CONABIO 2007).

Reino	Animal
Phyllum	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	<i>Lepidóptera</i>
Familia	<i>Pyralidae</i>
Género	<i>Cactoblastis</i>
Especie	<i>Cactoblastis cactorum</i>
Nombre común	Palomilla del nopal

## II.5.-Descripción del *Cactoblastis cactorum*

Hay cinco especies del género *Cactoblastis*: *C. cactorum*, *C. bucyrus*, *C. mundelli*, *C. doddi* y *C. ronai*. El *Cactoblastis* es un género encontrado solamente en Sudamérica y sus equivalentes en el norte son los géneros *Melitara* y *Olycella*, con patrones de alimentación y biología similares, excepto que el color de sus larvas oscila siempre entre el azul y el gris, en contraste con *Cactoblastis cactorum*, cuyas especies tienen larvas color naranja con bandas negras transversales.

Las especies pueden distinguirse por sus genitales y por los dibujos y coloración de sus alas. Individuos de todas las especies del género han sido encontrados alimentándose de varias especies de *Opuntia*, por lo general aquellas asociadas al subgénero *Platyopuntia* (*O. monacantha*, *O. ficus-indica*, *O. cordobensis*, *O. brunnescens*, *O. canterai*, *O. delaetiana*, *O. bonarensis*, *O. salmiana*, *O. utkilio*, *O. discolor*, *O. aurantiaca* y *O. retrorsa*); sin embargo, algunas especies de *Cactoblastis cactorum* se han encontrado sobre individuos de los géneros *Harrisia* (*Eriocereus*), *Trichocereus*, *Echinopsis* y *Denmoza*, y en una *Cylindropuntia*.

## II. 6.-Estadio de vida del *Cactoblastis cactorum*

En este dibujo se puede mostrar las fases de reproducción que transcurre el *Cactoblastis cactorum* desde la postura de los huevos en la penca hasta convertirse en adulta.

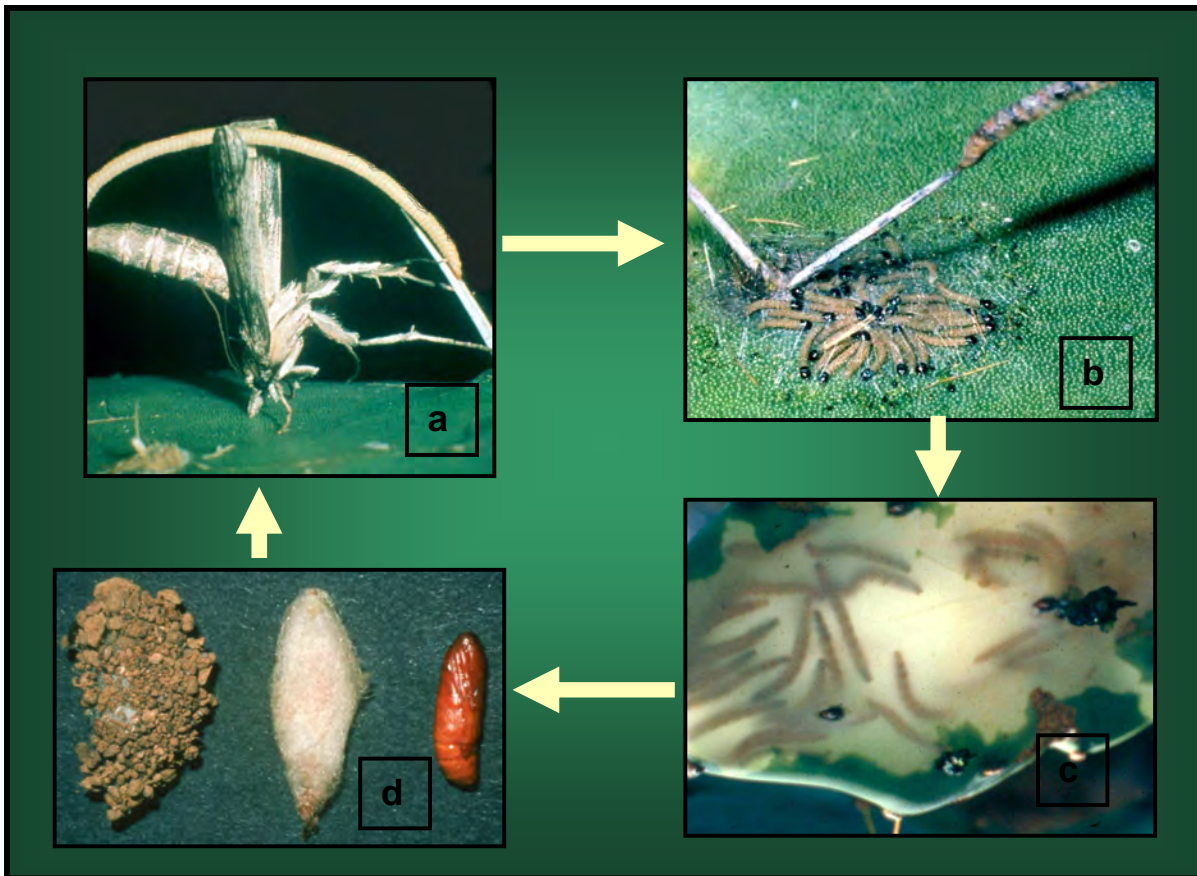


Figura 6. Estadios de vida del *C. cactorum* (Flores *et al.* 2007).

Figura 3.- (a) Ovipostura del *C. cactorum* (b) el *C. cactorum* deposita sus huevos, uno sobre otro, para formar una especie de bastón, (c) cada masa contiene de 60 a 100 huevos. La larva que nace se entierra en la penca del nopal donde permanece en forma gregaria, las larvas maduras son color naranja brillante con bandas negras. (d) dejan las pencas con que se alimentaban y tejen capullos de seda en áreas protegidas, principalmente debajo de las pencas secas o en putrefacción que se encuentran tiradas en el suelo (Zimmermann *et al.* 2000; 2004).



## II.7.-Ciclo de vida de *Cactoblastis cactorum*

Las palomillas pertenecientes a la Familia *Pyralidae* son parásitos que presentan exclusiva asociación con la Familia *Cactaceae*. Específicamente *c. cactorum* es un endoparásito que ataca pencas de *Opuntia* de manera gregaria (Zimmermann *et al.* 2001). El ciclo de Vida de *C. cactorum* está formado de tres estados inmaduros (Huevo, larva y pupa) y el estado adulto.

### II.7.1.- Huevo



**Figura 7. Forma característica del huevo de la palomilla del nopal (SAGARPA 2006).**

La hembra inicia la oviposición un día después de copular. El *cactoblastis cactorum* deposita hasta 120 huevesillos y se caracteriza por ser cilíndrico y plano y mide 0.9 milímetros de ancho y 0.4 milímetros de largo.

La hembra coloca entre 60 y 120 huevos, uno sobre otro, para construir una especie de bastón que semeja la forma de una espina (Fig.7) La hembra puede adherir los huevos a la punta de una espina o en la base donde crecen las espinas.

A lo largo de su vida las hembras llegan a depositar entre 200 y 300 huevos (Zimmermann *et al.* 2000; 2004).

Los depredadores más importantes del *Cactoblastis cactorum* son los parasitoides, una serie de distintas especies de pequeñas avispas parásitas, porque se especializan en parasitar de insectos a los huevos. Hay unas avispas que ponen sus huevos dentro de la larva hospedera para cuando las pequeñas larvas carnívoras eclosionen se alimenten de ella, cuando las larvas de la avispa están satisfechas, hacen un túnel para salir de la larva. Las más importantes son del género *Trichogramma* y *Brachymeria*.

### II.7.2.- Larva



**Figura 8. Larvas de *C. cactorum* (SAGARPA 2006).**

Las larvas de primer estadio tienen una longitud de 2.5mm de largo y tienen una coloración gris verdosa que cambia rápidamente al crecer, del salmón al anaranjado rojizo, brillante con bandas transversales negras (Fig. 8).

Las larvas recién eclosionadas perforan la penca en grupo y se introducen a la misma para alimentarse. Cuando las larvas han devorado por completo la penca, son capaces de desplazarse en grupo a otra penca para continuar alimentándose (Zimmermann *et al.* 2000; 2004).

Los huevecillos eclosionan sobre el hospedero. De repente la diminuta larva, que no tiene ningún parecido a lo que será de adulta, se abre camino al romper o morder con sus mandíbulas la membrana del duro cascarón que la protegió para crecer en su interior, no se lo come y, de ahí sale, durante el día, meneándose hacia la superficie de una penca. Se reúnen todas las larvitas y van reptando para buscar los brotes más tiernos de la planta y el mismo día de su nacimiento ingresan a la penca.

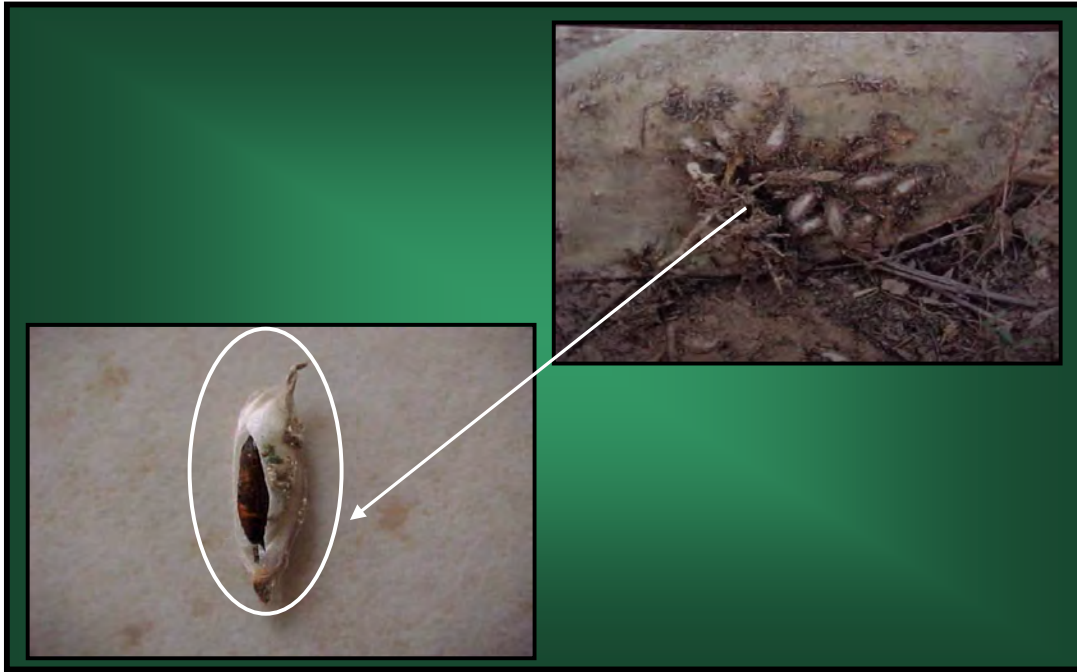
Las larvas al término de su estadio tienen una longitud de 25 a 30 mm. El estado pupal ocurre en un capullo de seda blanca y tiene un tiempo de desarrollo de 60 días. (Zimmerman *et al.* 2000b, 2004).

### **II.7.3.- Metamorfosis**



**Figura 9. Capullo de seda del *C. cactorum* (SAGARPA 2006).**

La larva cuando alcanza su madurez ha terminado de crecer. Deja de comer, muda y abandona la penca, cae al suelo y ahí se transforma en una pupa, primero de color naranja y posteriormente adquiere un tono marrón, va hilando una envoltura suave de seda blanca que se conoce como capullo o “cocón” (Fig. 10) dentro del cual *Cactoblastis cactorum* se prepara para transformarse en adulto. (Zimmermann *et al.* 2000; 2004).



**Figura 10. Capullo de seda del *C. cactorum* en la etapa final de desarrollo (SAGARPA 2006).**

Las pupas macho y hembra se distinguen por los genitales que se ubican en su parte inferior. La pupa hembra tiene una cicatriz genital en forma de hendidura. En el macho está localizada en el siguiente segmento entre dos vejigas levantadas.

#### II.7.4.- *Catoblastis cactorum* adulto



Figura 11. Estado adulto del *C. cactorum* (SAGARPA 2006).

Después de 60 o 70 días el capullo se abre y sale la palomilla (Fig. 11), viven 9 días. Se caracterizan por ser pocos visibles. Sus alas anteriores tienen un color café grisáceo con dos franjas transversales ondeadas (Zimmermann *et al.* 2000). La coloración de sus alas posteriores es gris pálido con bandas oscuras y mide alrededor de 3 cm. de una punta a otra de sus alas, lo que recibe el nombre de expansión alar. Se ha observado dimorfismo sexual, las hembras son más grandes que los machos, tienen alas más oscuras y tienen palpos más prominentes. (Zimmermann *et al.* 2004).

Los adultos de *Cactoblastis cactorum* aparecen por la tarde, normalmente dos horas antes del anochecer. Es fácil distinguir al macho de la hembra cuando están juntas, la hembra es más grande que el macho y la coloración es diferente.

## II.8.- Conducta de oviposición del *Cactoblastis cactorum*



**Fig 12. Forma en que el *C. cactorum* oviposita**

Según los caracteres descriptivos de orientación en la localización del hospedero, se ha observado que las hembras tiene la habilidad de localizar plantas hospederas pequeñas. La oviposición ocurre en las primeras horas de la noche a temperaturas mayores de 12°C, sobre cladidos ubicados en la parte baja de la planta y no ovipositan en presencia de luz artificial (Pettev 1948)

La hembras de *C. cactorum* oviposita preferentemente sobre cladidos terminales jóvenes y suculentos con espinas bien desarrolladas, ya que tienen una cutícula delgada y baja secreción de mucílago; situación que favorece la supervivencia de las larvas al momento de la perforación de la penca (Zimmermann *et al.* 2004). El primer huevo del bastón está pegado a una espina por medio de una sustancia color ámbar que se deriva de las glandulas accesorias. Los huevos son apilados uno a uno cada 16 segundos. Un baston de huevo tarda de 13 a 14 minutos de ser completado. Al término de la oviposición, la hembra deja una sustancia color ámbar (Zimmermann *et al.* 2001).

Una hembra generalmente pone de dos a tres columnas de huevos por pencas y esta sera la fuente alimenticia de las larvas, asegurando que nazca la siguiente generación y que la planta sirva de alimento a sus crías. Los huevos producen un aroma para evitar que se pongan más huevos en una penca que ya las contiene.

Los caracteres de oviposición se describe en tres fases principales: localización del hábitat del hospedero, localización del hospedero y elección del hospedero (van Alphen *et al.* 1991, Ovruski 1994). La primera fase depende de factores ecológicos, tales como condiciones climáticas y fisiológicas y experiencia del parásito (Duan *et al.* 2000). En la segunda fase el parásito es orientado por estímulos visuales o químicos en dirección al hospedero y tiene una respuesta específica de comportamiento (van Alphen *et al.* 1991, Ovruski 1994, Duan *et al.* 2000). La elección del hospedero puede ocurrir por la búsqueda de la hembra con su ovipositor o con sus antenas (Vet y Bakker 1985, Ovruski 1994).

La palomilla del nopal es un parásito generalista que presenta un amplio rango de hospederos del género *Opuntia* e incluso puede parasitar distintas regiones de la planta (penca, frutos y troncos). Esta palomilla acepta con facilidad nuevos hospederos del mismo género, pero tiene preferencia por especies más suculentas y menos por las leñosas o viejas (Zimmermann *et al.* 2001 y 2004, Soberón *et al.* 2001).

Los caracteres descriptivos ecológicos que favorecen la conducta de oviposición de *C. cactorum* son zonas no montañosas o valles con suelo profundo, sobre nopales entre el matorral. Ligado a la localización del hábitat, *C. cactorum* parasita hospederos cercanos a su lugar de eclosión, ya que las hembras no tienen aparatos bucales para alimentarse y en consecuencia deben ovipositar en el menor periodo de tiempo. (Zimmermann *et al.* 2004).

## **CAPITULO III.**

### **IMPACTOS ECOLÓGICOS GENERADOS**

#### **III.1.- Características que hacen al *C. cactorum* tan destructiva:**

Existe al menos dos generaciones por año en la mayoría de los países donde esta presente el *Cactoblastis cactorum*, debido a la propagación contagiosa de la planta, a incrementado la sobrevivencia de la larva consumiendo cuatro cladodios (pencas) por colonia. No se tiene evidencia de un hospedero específico y según estudios científicos no se conocen enemigos naturales específicos para el control del *Cactoblastis cactorum* (Mandujano 2006).

Las consecuencias a corto plazo es que el *C. cactorum* disminuye la producción de nopales en las zonas más afines a su distribución original, Tamaulipas y Nuevo León. Afectando de igual manera a las zonas nopaleras del Norte de México. Reduciendo la tasa de producción de nuevos cladodios (pencas) y con ello el ataque de otros patógenos (Mandujano 2006).

Las consecuencias a largo plazo es la destrucción de las zonas nopaleras de gran importancia económica y la gran disminución de poblaciones de *Opuntias*. De tal forma cabe la posibilidad de que el *Cactoblastis cactorum* se adapte a nuevos ambientes o factores ecológicos externos pudiendo colonizar zonas de especies de opuntias que no han sido afectadas por el insecto (Mandujano 2006).



### III.2.- Dispersión inadvertida del *C. cactorum*

Turrudi (1966) mencionó que detectó la presencia del *C. cactorum* en Puerto Rico. En este mismo año el insecto también se encontraba de manera abundante en las cercanías de las islas de Santa Cruz, San Tomas y San Juan, lo que indica que la palomilla del nopal debió llegar ahí antes de 1966. En todas estas islas, se encontraron a la mayoría de las especies problemáticas, como *O. triacantha* y *O. dillenii*. Las probabilidades de que la palomilla del nopal se hubiese dispersado de forma natural a todas estas islas en un lapso tan corto, de tres a cuatro años, se asume a que la introducción deliberada de la palomilla del nopal fue alta (Zimmermann *et al.* 2005)

Autoridades cubanas contemplaron la posibilidad de utilizar al *C. cactorum* para controlar la *O. dillenii* en Guantánamo a finales de la década de 1970, pero decidieron no hacerlo (Pérez, com.pers). Luego se descubrió al insecto en Guantánamo en 1980 y se desconoce la forma en que llegó a Cuba. También ignora la forma en que la palomilla del nopal se dispersó hacia Puerto Rico y la isla de la Española, tampoco se sabe cómo llegó la palomilla del nopal a Guadalupe para las fechas de los primeros registros del *C. cactorum*. Las posibilidades de que se disperse de forma deliberada a las islas con especies de *Opuntia* que aún no están infestadas son muy altas. No sería difícil para un terrateniente de Caimán introducir al *C. cactorum* desde la isla Gran Caimán para controlar a las *Opuntia* invasoras. Lo mismo aplica para varias islas lejos de la costa que aun no están infestadas de *C. cactorum* por ejemplo la Isla Mona, entre Puerto Rico y República Dominicana. Sería interesante evaluar la presencia de *C. cactorum* en islas pobladas y despobladas (Zimmermann *et al.* 2005)

Actualmente, las posibilidades de que el *C. cactorum* se disperse de forma deliberada, accidental y natural a las islas que aún no están infestadas, son menores que hace 20 años, en vista de que las poblaciones de *C. cactorum* son menores y que el personal de sanidad vegetal y cuarentena están, ahora, al tanto de la situación de *C. cactorum* (Zimmermann *et al.* 2005)

La especie *N. cochenillifera* es una planta de jardín en el Caribe y se puede asumir que los habitantes han llevado cladodios de esta especie a cada rincón de las islas. Es muy posible que

el *C. cactorum* se haya dispersado a lo largo de esta vía a través de cladodios contaminados o plantas infestadas. Se han encontrado muchas pencas y plantas con larvas y bastones de huevos de *C. cactorum*. Las numerosas intercepciones de cladodios con larvas en su interior en Miami dan testimonio de la facilidad con la que la palomilla del nopal puede esparcirse de forma desapercibida dentro de los cladodios. Igualmente se han encontrado muchos cladodios de *N. cochenillifera* infestados de *C. cactorum*. A excepción de las pocas plantas de *N. cochenillifera* cultivadas en los jardines, se desconoce sobre el cultivo de cualquiera de las otras especies comerciales de *Opuntia* en las islas del Caribe (Zimmermann *et al.* 2005). El insecto *C. cactorum* se detectó por primera vez en los cayos de Florida en 1989 y no se sabe si el insecto se dispersó en ese lugar por medios naturales o si llegó a través de cactáceas de vivero infestadas procedentes de República Dominicana (Pemberton 1995; Zimmermann *et al.* 2001). Desde entonces se ha dispersado hacia Alabama (Dauphin Island) en el oeste y cerca de Charleston (Folly Island) en Carolina de Sur. El índice de dispersión de la palomilla hacia el oeste se estima en 160 kilómetros por año (Bloem *et al.* 2005). El hecho de que la palomilla del nopal tenga la habilidad de dispersarse a tan largas distancias sigue siendo una incógnita. Las conclusiones sobre su habilidad de dispersión no son claras por la posible participación deliberada del hombre después de la introducción del insecto *C. cactorum* en 1957.

La presencia o ausencia del *C. cactorum* en las islas habitadas y deshabitadas del Caribe pudieron brindar cierta información útil para dispersarse de forma natural en esa región. El *C. cactorum* parece no estar presente en la Isla de Mona la cual está deshabitada, situada entre Puerto Rico y la República Dominicana (Miguel Nieves, Administrador de la Isla de Mona en Puerto Rico) y que también cuenta con una gran presencia de especies de *Opuntia*. Sin embargo, se ha registrado el *C. cactorum* en la Isla de Desecho (poblado) aproximadamente a la misma distancia de Puerto Rico. Varias islas de las Pequeñas Antillas también se mantienen sin ser invadidas por la palomilla del nopal. El que el *C. cactorum* esté presente en otras islas sigue sin verificarse y se puede esperar que esto se haga a través de la correspondencia con las autoridades responsables de estas islas. (Zimmermann *et al.* 2005).

En Sudáfrica se extendió entre 3 y 6 kilómetros durante el mismo lapso de tiempo, y a lo largo de 15 años no llegó a rebasar de 40 a 60 kilómetros de distancia. En su zona de origen, *C.*

*cactorum* no ha podido alcanzar los grandes cultivos de Pernambuco, Brasil, los valles preandinos de Argentina, a pesar de que en la ruta hay hospederos disponibles y climas adecuados. Mayor dispersión ha tenido la palomilla en Florida, donde algunos estudios indican que ha volado 165 kilómetros cada año. Es difícil evaluar con precisión el ritmo y la amplitud de la dispersión de *C. cactorum* entre las poblaciones de nopal en Florida, aunque se sabe que la difusión de la palomilla desde los Cayos de Florida (zona costera y pantanosa) hasta el condado de Brevard fue más rápida que en otras partes del mundo. Es muy importante hacer más trabajo de observación para saber cuándo la palomilla del nopal podría hacer su aparición en el territorio de México, donde estas variedades tienen una importancia ecológica, cultural y económica que no tienen en ninguna otra parte del mundo (CONABIO 2007).

# CAPITULO IV

## CONTROL Y PREVENCIÓN

### IV.1.- Métodos de control

Para el control y prevención de nopaleras infectadas por el *Cactoblastis cactorum* se incluyen diferentes acciones y métodos que hasta el momento han sido utilizados, los cuales son:

Control Manual

Control Biológico

Control Químico

Y la Prevención

#### IV.1.1.- Control manual del *C. cactorum* en diferentes estadios:

Este método de la cosecha de los huevos es uno de los más efectivos debido a que consiste en coleccionar las ovipositoras en bolsas y luego eliminarlas. De esta forma la población disminuye notablemente. (3.-[http://www.geocities.com/achuma\\_ar/cactoblastiscactorum](http://www.geocities.com/achuma_ar/cactoblastiscactorum))

Otro método consiste en que la palomilla adulta puede atacarse por medio del uso de trampas con sustancias atractivas que son muy parecidas a las de luz pero la atracción de los insectos se debe a sustancias como *extracto de malta* (al 5%) y *euglenol*. Se colocan 4-5 gotas de la sustancia sobre una almohadilla de algodón. Las trampas de luz además de su uso para el monitoreo de plagas resultan ser muy efectivas para controlar insectos voladores nocturnos. Las luces potentes son más efectivas aunque tanto focos eléctricos de 200W como lámparas de kerosén se utilizan con éxito.

Existen diversos modelos de trampas de luz pero básicamente consisten en una fuente de luz debajo de la cual, a 5 cm., se coloca un recipiente chato con agua al que se le agregan 2 cucharadas de aceite quemado de motor. La luz atrae a las polillas que, volando cerca de la luz, caen al agua y el aceite se adhiere a sus alas, impidiendo su desplazamiento. El momento oportuno para colocar las trampas de luz depende del ciclo de vida de los insectos. El punto preciso es inmediatamente después de que las mariposas adultas hayan emergido, pero antes de la ovipostura.

La distancia ideal entre cada trampa con 200W es de 100 m (cada una tiene un radio de acción de 50 metros). Deben ser colocadas en la periferia del cultivo.

(3.[http://www.geocities.com/achuma\\_ar/cactoblastiscactorum](http://www.geocities.com/achuma_ar/cactoblastiscactorum))

#### **IV.1.2.- Métodos de control biológico:**

En principios el método biológico es más lento que el que el control químico, pero a la larga puede dar resultados óptimos.

Sus ventajas son bien conocidas: no deja residuos químicos, su especificidad es alta, puede autoperpetuarse una vez introducido, los fenómenos de resistencia son menos probables, y puede ser aplicado en zonas poco accesibles. También presenta inconvenientes, sobre todo si el agente de control cambia de hábitos y ataca a las plantas que no debe; en este caso, los daños pueden ser irreversibles. Y debido a su especificidad, el control biológico se limita a unas pocas especies.

Existen métodos que se utilizan convencionalmente tales como:

**Entomopatógenos.-** Este método de control consiste en la cría de las larvas de *C. cactorum* en condiciones de nacimiento. Éstas se pueden obtener cosechándolas directamente desde paletas enfermas o por incubación de los huevos en cautiverio.

La gran densidad de larvas induce la aparición de enfermedades que producirán la rápida muerte de la totalidad de ellas.

Las larvas muertas son colocadas en frascos limpios y se conservan a  $-3^{\circ}$  C durante año y medio aproximadamente manteniendo su poder contaminante.

**Microhimenópteros.-** Este método de control es utilizado con éxito para otros cultivos y consiste en la utilización de avispas que parasitan los huevos de la plaga.

El control con *microhimenópteros* parásitos de huevos no autóctonos, como son algunas especies de *Trichogramma* comúnmente usadas con este fin, podría tener un impacto adverso sobre otros Lepidópteros deseables (Habeck & Bennett 1998). Se han observado en Córdoba, Argentina huevos de *C. cactorum* parasitados por un microhimenóptero del género *Trichogramma* aunque, al no tener éxito en su reproducción en cautiverio sobre huevos de *Sitotroga cerealela* no sería una especie conocida (Scheibengraf 1993).

Además, en Argentina el *Catoblastis cactorum* tiene otros enemigos naturales conocidos como: *Apanteles alexanderi* Brethes (Braconidae), *Phyticiplex doddi* Cushman y *P. eremnus* Porter (Ichneumonidae), *Brachymeria cactoblastidis* Blanchard (Chalcididae), y *Epicoronimyia mundelli* Blanchard Tachinidae (Habeck & Bennett 1998). El rango de huéspedes de estos enemigos naturales debería determinarse para evaluar sus posibles usos como control biológico de *C. cactorum* en otros países (Habeck & Bennett 1998).

### IV.1.3.- Métodos de Control Químico

En este método se procura pulverizar para matar las larvas neonatas antes que entren al cladodio. Posteriormente, resulta muy difícil alcanzar a las larvas que se alimentan en el interior de la penca. La inyección de insecticidas al tallo ha sido probada en Sudáfrica, para el control de este insecto en las paletas infestadas; obteniendo resultados poco favorables en cuanto a la eficacia y economía (Burger, W.A. 1972, Petrorius y Van Ark 1992). Actualmente se conocen un grupo de insecticidas activos con buena eficacia para prevenir el ingreso de las larvas a las paletas (Lobos 2003); sin embargo no se conoce como se comportan esos productos cuando las larvas penetraron días antes de la pulverización. Si bien hay métodos de control químico para el insecto *Cactoblastis cactorum*, no se conoce ninguno que actúe satisfactoriamente (Habeck & Bennett 1998).

Es importante mencionar que sea observado que algunos insecticidas como el *Parathion* Y *Dimetoato* han mostrado fototoxicidad con las cactáceas.

Algunos insecticidas utilizados con éxito podemos mencionar:

- *Carbaril* polvo mojable al 85%. Se diluyen 35 gr. en 20 lts. de agua (comercialmente conocidos como DICARBAM, SEVIN, CARBASPRAY, CAPEX 7, etc.).
- *Methidathion* al 40 %. Diluido 9 gr. en 18 lts. De agua. Muy tóxico (Habeck & Bennett 1998).
- *Cipermetrina* diluida 17 mm en 100 lts. de agua más humectante (Habeck & Bennett 1998).

#### **IV.1.4.- Prevención de daños**

1.- Es básica la labor de la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), dependencia responsable de normar, regular y vigilar el uso, posesión, protección y conservación de los recursos naturales (Zimmermann *et al.* 2006).

2.- Alertar al personal de aduanas y de Sanidad Vegetal que se encuentren en todos los sitios de acceso al país. Dicho personal requiere un programa de entrenamiento que asegure la rápida identificación del insecto y sepa los graves daños que causa (Zimmermann *et al.* 2006).

3.- Tener un control más estricto de las plantas silvestres de la familia de las *cactáceas*. El monitoreo constante de la migración de la plaga de Florida hacia el oeste puede permitir predecir el momento en que ingrese a México (Zimmermann *et al.* 2006).

4.- Los investigadores involucrados en la producción de nopal y tuna en México deben ser informados de los peligros de *cactoblastis cactorum* y ser entrenados para facilitar la identificación de la larva y de sus daños.

#### **IV.2.- Capacitación a técnicos y productores**

Esta actividad se realiza de manera amplia entre todas aquellas personas que pudieran aportar datos al programa para la detección oportuna de cualquier hallazgo de la plaga fuera del brote; de manera tal que se realizan eventos dirigidos a la ciudadanía en general, escolares, viveristas, jardineros de instancias del sector federal como FONATUR o los ayuntamientos que pudieran aportar información sobre la ubicación de nopaleras y posibles daños de la plaga. A dependencias del Ejecutivo Federal y Estatal con alguna relación con actividades de campo como son Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, PROFEPA, Ayuntamientos, etc. (Zimmermann *et al.* 2006).



### **IV.3.- Divulgación.**

La divulgación en Isla Mujeres se realizan usandon los materiales generados desde que se detectó la presencia de la plaga, elaborados por la DGSV a nivel central, además se han generado materiales divulgativos locales, se han instalado carteles en las navieras informando a la ciudadanía y turismo en general la problemática de la plaga y se ha actualizado video que originalmente se elaboró para la difusión del conocimiento de la plaga, se está usando tiempo de radio en la emisión de un mensaje dirigido a la ciudadanía en general; y dentro de este grupo de actividades se realiza censo de nopaleras en casas habitación, hoteles y oficinas públicas (Zimmermann *et al.* 2006).

## **CAPITULO V**

### **SITUACIÓN ACTUAL EN EL ESTADO DE QUINTANA ROO**

#### **V.1.- Ubicación actual de la palomilla de nopal.**

El reciente descubrimiento de la palomilla del nopal en Isla Mujeres, agosto 2006, no llega como una inesperada sorpresa. El temprano descubrimiento de esta incipiente población de *C. cactorum* en Isla Mujeres (Fig. 13), la cual se encuentra a tan solo nueve kilómetros de la costa de Cancún, demuestra el valor de un programa preventivo de monitoreo eficiente, como esta detección temprana del brote que dará por resultado una oportunidad única para erradicarlo (Zimmermann *et al.*2006).

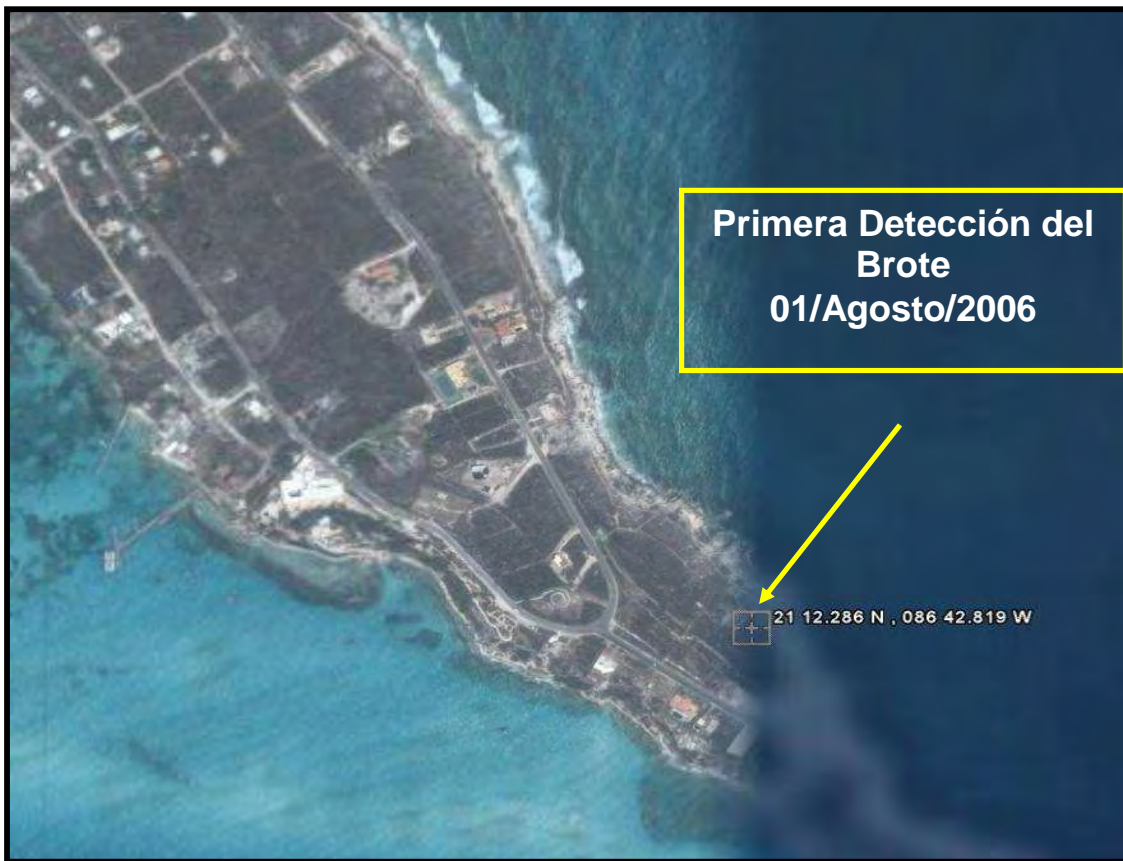


Figura 13. Primer brote del *C. cactorum* en Isla Mujeres, Quintana Roo, México (CANABIO 2006).

## V.2.- Isla Mujeres

*C. cactorum* fue descubierta por primera vez en Isla Mujeres el primero de agosto de 2006, por un integrante del Comité Estatal de Sanidad Vegetal (CESV), el diez de agosto la presencia de la palomilla del nopal fue anunciada oficialmente, posterior a la positiva identificación por el Centro Nacional de Referencia (CNR) de la DGSV en México D.F. quien coordina la campaña de prevención y monitoreo contra el *C. cactorum* (Zimmermann *et al.*2006).

No se sabe cómo ni cuándo llegó exactamente la palomilla del nopal a Isla Mujeres.

Por estimación del número total de oviposaduras, presentadas a principios de septiembre, es posible calcular cuándo fue depositado el primer bastoncillo utilizando las tablas de vida y los datos de fecundidad conocidos. Asumiendo que la mortalidad de nuevos brotes en la Isla son

relativamente bajos. Esto podría ocurrir si el *C. cactorum* hubiera llegado a Isla Mujeres durante la segunda mitad de 2005.

Una ruta posible sería la trayectoria de los huracanes Stan y Wilma, los cuales pasaron a través de la isla en octubre 2005. El otro posible camino pudo haber sido el turismo y el tráfico comercial en Isla Mujeres/Cancún. El aeropuerto de Cancún es por mucho el puerto mas activo de la Península (Zimmermann et al.2006).

Después del descubrimiento del brote de la palomilla del nopal, la SAGARPA-DGSV inició inmediatamente un programa de erradicación en la isla, el cual comenzó a principios de agosto 2006.

### **V.2.1.- Programa de monitoreo**

El equipo técnico de la SAGARPA-DGSV trabaja en el programa de monitoreo de *C. cactorum* dentro de cada uno de los tres estados que conforman la Península. La tarea consiste en localizar y revisar cada uno de los puntos fijos de inspección de las poblaciones de *Opuntia*. Estos deben inspeccionarse cada dos semanas para evidenciar la presencia del *C. cactorum* (Zimmermann et al.2006).

Los resultados se transfieren a una hoja de datos que incluye la siguiente información:

- El nombre del sitio o propietario.
- Las coordenadas con el uso del geoposicionador.
- Presencia o ausencia de *Cactoblastis cactorum* en las *Opuntia* (no especifican especie alguna).
- Fecha de la inspección.
- Condiciones de las plantas o de la población de plantas y las cantidades estimadas.  
Observaciones y comentarios.

Estas formas se envían al coordinador nacional de la campaña de *C. cactorum* a la DGSV (Zimmermann et al.2006).

### **V.3.- Monitoreos en el estado de Quintana Roo**

En el estado de Quintana Roo existen en total 48 puntos fijos que se inspeccionan cada quince días para detectar la presencia de *C. cactorum*. Estas inspecciones se llevan a cabo cada cuatro días. Según los reportes de SAGARPA existen varios puntos que se localizan a lo largo de la costa y constan de poblaciones de *O. dillenii*. Los sitios de inspección al interior del estado están conformados por pequeños cultivos de *N. cochenillifera* y *O. ficus-indica*. Los puntos no fijos del programa de monitoreo existen para la ciudad de Cancún o cualquier otro poblado de Quintana Roo (SAGARPA 2006).

Según los técnicos, excepto por un hotel en el cual se encontraban varias especies de *Opuntia* ornamental en su jardín, esta área se encontraba, supuestamente, libre de *C. cactorum* (Zimmermann *et al.* 2006).

### **V.4.- Monitoreos en el estado de Yucatán**

En base a los resultados obtenidos de la visita de inspección del programa de monitoreo realizado por SAGARPA, En el estado de Yucatán existen en total 28 sitios fijos bajo inspección, que conforman un total de 20 puntos ubicados casi exclusivamente en la costa o cerca de ella. Las inspecciones en estos puntos las realizan cada dos semanas y se necesitan cinco días para revisar más de 1000 kilómetros. No se han realizado revisiones específicas por las poblaciones, salvo en los ocasionales avistamientos de *N. cochenillifera*, mismos que se han examinado oportunamente. Existe una plantación comercial, de *O. ficus-indica* para la producción de nopalitos, que ocupa de 3 a 4 hectáreas (Zimmermann *et al.* 2006).

## **V.5.- Monitoreos en el estado de Campeche**

Hay 20 sitios de inspección fijos, ubicados a lo largo de la costa y en Isla Arena e Isla Jaine. Tras localizar un sitio con *Opuntia*, se establecieron puntos de monitoreo (POP=puntos de observación permanentes) y se registraron sus coordenadas.

Todas las plantas de *Opuntia*, dentro de una circunferencia de 25 metros de este punto, se examinan para determinar la presencia de *C. cactorum*. Se han encontrado mucho menos plantas, por POP, en Campeche que en Yucatán. Así mismo, cada pueblo se inspecciona de manera sistemática en busca de plantas de *Opuntia/Nopalea* con la posible presencia de *C. cactorum*. Si se encuentra un huésped *Opuntia/Nopalea*, se registran las coordenadas junto con el nombre y la dirección del propietario. Después, durante la siguiente inspección, se toma otro conjunto de muestras aleatorias que no incluirán las propiedades examinadas en inspecciones previas. Se anticipa que al final, todas las propiedades con hospederas serán registradas en todo el estado. Hasta el momento, la SAGARPA ha inspeccionado a más de 4 000 propiedades, de las cuales solo 860 tenían hospederas (18%), el 65% de estas propiedades tienen menos de 5 plantas. Fueron revisadas 7608 *Opuntias* aproximadamente.

En muchas de las propiedades se cultiva principalmente *Nopalea* como seto. Según el plan las inspecciones deben realizarse cada dos semanas; lo importante es que se realice de manera oportuna en intervalos de 14 a 45 días (Zimmermann *et al.* 2006)

## **V.6.- Resultados finales de los monitoreos realizados por SAGARPA**

Para el monitoreo de SAGARPA se tuvieron nueve días disponibles para inspeccionar los tres estados en busca de *C. cactorum* se recorrieron más de 3 000 kilómetros. Fue imposible visitar todos los puntos de inspección. Se inspeccionaron, a detalle, un número considerable de ellos más de 80 puntos (Zimmermann *et al.* 2006)

### **V.6.1.- Resultados de los monitoreos realizados en el estado de Yucatán**

En las inspecciones realizadas por la SAGARPA en el estado de Yucatán, aparecieron poblaciones de *O. dillenii*, de densas a dispersas, a lo largo de la costa de Yucatán y se localizaron 28 puntos de observación permanente (POP), muchos de los cuales tienen más de

un sitio de inspección. Resultó físicamente imposible inspeccionar todas las poblaciones de *O. dillenii* y existe la probabilidad de que *C. cactorum* este presente sin ser detectado. Se trata de un asunto de suma importancia. Río Lagarto tiene mas de 4 hectáreas con poblaciones densas de *O. dillenii* y *O. auberi*. Esta población destaca por su gran extensión, se ubica a casi 10 kilómetros de la costa principal y a pocos kilómetros del estuario.

Se encontraron diversas larvas solitarias de especies de palomillas, algunas de las cuales, mostraron síntomas que pueden confundirse con el daño ocasionado por la alimentación de la larva de *C. cactorum* (Zimmermann *et al.* 2006).

No les fue posible examinar el área total entre el Cuyo y Celestún para detectar la presencia de *C. cactorum* pero todo parece indicar que ahí se encuentra una población continua de *O. dillenii* a lo largo de la costa. Sin embargo inspeccionaron una gran plantación comercial, 4 hectáreas aproximadamente, de *O. ficus-indica* cerca de Muna, al sur del estado. Este cultivo es un buen blanco y sirve como centinela y debe ser inspeccionado con regularidad, para detectar la presencia de la plaga (Zimmermann *et al.* 2006).

### **V.6.2.- Resultados de los monitoreos en el estado de Campeche**

En el estado de Campeche existen considerablemente mucho menos plantas de *O. dillenii* y de *O. auberi* que en Yucatán. Los pocos lugares, que se seleccionaron como puntos de observación permanentes a lo largo de la costa, tienen relativamente pocas plantas. Sin embargo, hay grandes zonas en la costa que resultan inaccesibles y no pudieron ser examinadas. La mayoría de las inspecciones de SAGARPA se centraron en propiedades privadas de los pueblos y pequeñas granjas. Este programa de monitoreo de SAGARPA es digno de admiración y con el tiempo podrá ubicarse en un mapa todas las plantas de jardines y las granjas del estado. Hasta ahora, los resultados indican que la mas elevada biomasa de *Opuntia* (en su mayoría *O. cochenillifera*) se ubica en jardines de casas (el 18% de todas las propiedades tienen 5 o más plantas). Si los dueños de las propiedades se capacitan lo

suficiente para reconocer el daño de *C. cactorum* pueden ser de gran ayuda al programa de monitoreo (Zimmermann *et al.* 2006).

## **V.7.- Monitoreo directo de la plaga**

Las actividades que se realizan en Isla Mujeres y en el resto del Estado de Quintana Roo, es con el afán de conocer la distribución de la misma; buscando en las hospedadoras la presencia de bastones de huevo o larvas con sus respectivos daños; a la fecha esta situación sólo se ha registrado en la parte sur Isla Mujeres, el área total comprende cerca de 2.5 hectáreas. La intensidad de la infestación se considera alta. Los intensos monitoreos realizados en la parte norte de la isla, que es la más poblada que la parte sur, no revelan, hasta ahora, presencia alguna de la palomilla del nopal. Es sorprendente que *C. cactorum*, a pesar del alto grado de infestación en el sur, no se haya extendido más hacia la parte norte (Zimmermann *et al.* 2006)

El área infestada estaba dividida en 6 bloques como parte del programa de monitoreo (Fig. 14). Los primeros dos bloques, los cuales se localizan al sur, tienen la cantidad más grande de plantas de *O. dillenii* infestadas, es el único hospedero de *C. cactorum* conocido en la Isla. (Existen algunas *O. cochenillifera* como plantas ornamentales en los jardines). La vegetación natural consiste en arbustos bajos, principalmente arbustos perennes, con plantas de *O. dillenii* distribuidas en forma aislada, que a menudo sobresalen por encima de la vegetación local. Es una vegetación baja debido a la exposición a fuertes vientos. Por el contrario, algunos de los otros bloques, incluyen los acantilados, que se localizan en el lado oeste, tienen una vegetación más alta con arbustos y árboles pequeños, pero inaccesibles que obliga a la contratación de personal especializado (Zimmermann *et al.* 2006).

## ZONAS DE MONITOREO

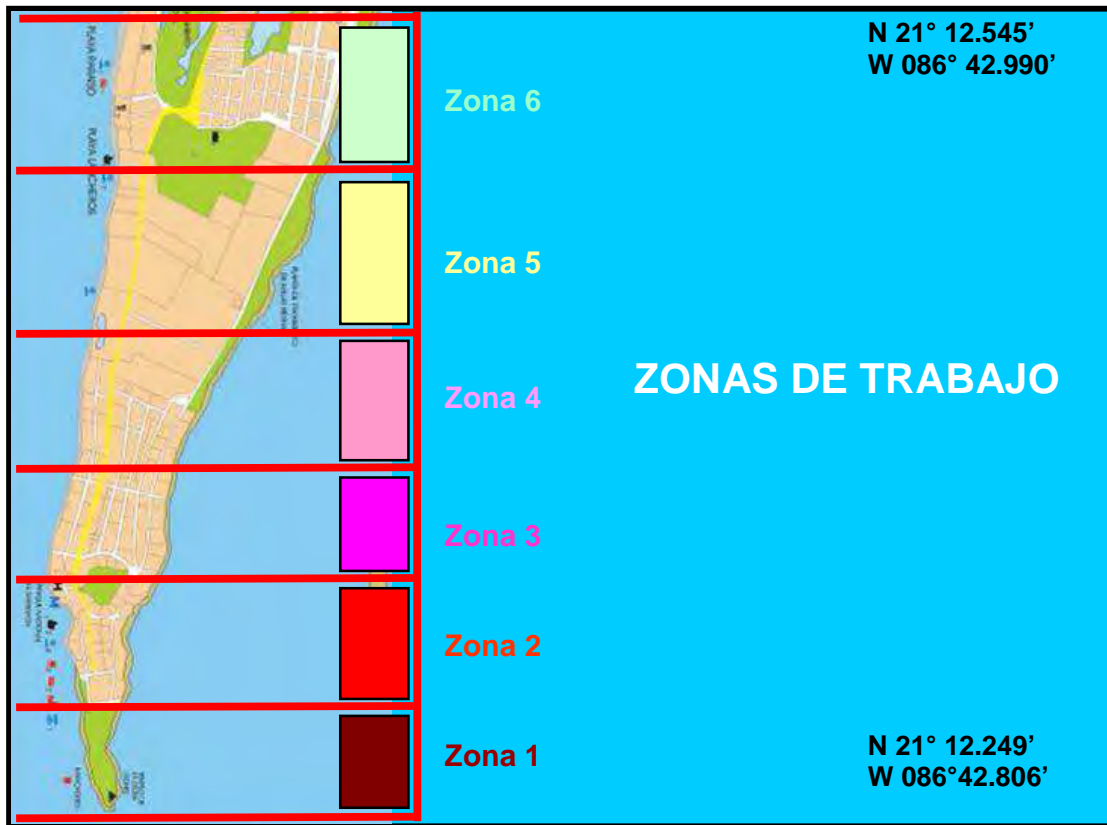


Figura 14. Zonas de monitoreo realizados por SAGARPA (SAGARPA 2006).



## **CAPITULO VI**

### **ACCIONES REALIZADAS DE MANERA INICIAL POR SAGARPA PARA ERRADICAR LA PRESENCIA DEL *C. cactorum* EN ISLA MUJERES.**

#### **VI.1.- Delimitación de la zona del brote**

Delimitaron la zona del brote con una Distancia de 2 Km. lineales, con amplitud de 100 a 300 m. aproximadamente; en donde se encontró bastones u oviposturas, larvas de todos los instares y pupas (Zimmermann *et al.* 2006).

#### **VI.2.- Eliminación de cladodios dañados**

Cuando se iniciaron las acciones se eliminaron únicamente los cladodios dañados de las nopaleras y estos se metieron en agua hirviendo con afán de asegurar la destrucción de las larvas (Zimmermann *et al.* 2006).

#### **VI.3.- Colecta de bastones de huevecillos**

Al inicio de operación del programa se encontraban en el sitio del brote una abundante cantidad de hembras ovipositando a diario teniendo días con colectas superiores a 400 bastones (Zimmermann *et al.* 2006).

#### **VI.4.- aplicación de insecticida**

Inicialmente se aplicaron deltametrina en aplicaciones totales en las áreas del brote y dirigidas a las nopaleras con afán de reducir poblaciones de adulto y afectar la viabilidad de las oviposturas (Zimmermann *et al.* 2006).

#### **VI.5.- Capacitación**

Ante el escaso conocimiento de las características biológicas de la plaga, se contó con la asistencia de expertos internacionales en la materia, durante el mes de Septiembre 2006 y Diciembre se tuvo la visita del Dr. Helmuth Zimmermann y en Octubre la visita de los Drs. Sthephen D Hight y James Carpenter.

### **CAPITULO VII**

## **ACCIONES DEFINITIVAS PARA LA OPERACIÓN DEL PROGRAMA DE ERRADICACIÓN EN ISLA MUJERES.**

#### **VII.1.- Eliminación de nopaleras**

Se llegó a la conclusión de que era necesario eliminar el hospedero de la plaga dejando solamente plantas centinela, que tendrán como objeto ser el lugar obligado en donde las hembras de la plaga depositen sus huevos y por tal motivo estas plantas deberán ser de fácil acceso y revisión. Con respecto al material vegetativo eliminado se consideró necesario no dejar expuestos los residuos que de alguna manera pudieran servir para la reproducción del insecto, destruyendo estos mediante diferentes esquemas que son el picado de nopales con picadora de forraje o bien el enterrado en zanjas y en este caso específico en el relleno sanitario de la Isla. Esta acción debe de tener la característica de ser intensa y segura hasta eliminar los nopales que se ocultan debajo de la maleza o bien en lugares inaccesibles para que no los encuentre la plaga y le sirvan de reservorio (Zimmermann *et al.* 2006).

## **VII.2.- Eliminación de oviposturas**

Se considera vital continuar con la actividad de eliminación de oviposturas en las plantas centinela o bien en el resto de las nopaleras durante el proceso de eliminación de las mismas, como un esquema de incidir sobre la población-plaga, esta actividad se realiza de manera terciada en las nopaleras que se ubican en las 6 zonas que se dividió el brote de Palomilla del Nopal (Zimmermann *et al.* 2006).

## **VII. 3.- Monitoreo de adultos machos**

A partir del mes de Octubre de 2006 se instaló en toda Isla Mujeres una red de trampas cebadas con feromona para atraer adultos machos de la Palomilla del Nopal; esta red se estableció de manera intensa en las 6 zonas del brote y con una distancia aproximada a cada 500 metros en el resto de la Isla. En la zona continental en la ciudad de Cancún abarcando desde el Mirador de Playa Delfines hasta las Ruinas del Meco se establecieron 9 trampas para detectar posibles migraciones de insectos de la Isla a Cancún o bien, la presencia de la plaga en Cancún de insectos generados en la zona; el total de trampas establecidas inicialmente fue de 75 trampas, 66 en isla Mujeres y 9 en Cancún. Con respecto al período de revisión de estas trampas en Isla Mujeres se revisan 2 veces a la semana y en Cancún catorcenalmente; La vida útil del atrayente es de 14 días (Zimmermann *et al.* 2006).

**CAPACITACIÓN A TÉCNICOS Y PRODUCTORES.-** Esta actividad se realiza de manera amplia entre todas aquellas personas que pudieran aportar datos al programa para la detección oportuna de cualquier hallazgo de la plaga fuera del brote; de manera tal que se realizan eventos dirigidos a la ciudadanía en general, escolares, viveristas, jardineros de instancias del sector federal como FONATUR o los ayuntamientos que pudieran aportar información sobre la ubicación de nopaleras y posibles daños de la plaga.

A dependencias del Ejecutivo Federal y Estatal con alguna relación con actividades de campo como son Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, PROFEPA, Ayuntamientos, etc.

Todas estas acciones fueron realizadas en apego a la normatividad ambiental mexicana NORMA Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-040-FITO-2003, por la cual se implementa el sistema para prevenir la introducción, diseminación y establecimiento de la Palomilla del Nopal (*C. cactorum*) en el territorio nacional (Diario Oficial, Mayo 2003).

Dicha norma especifica la prohibición de la importación de los vegetales, productos y subproductos del género *Opuntia* hospedantes de la plaga, procedentes de Australia, Sudáfrica, Haití, Estados Unidos de América, Argentina, Islas Vírgenes, Puerto Rico, Antigua, Nevis, St. Kitts, Montserrat, Bahamas, República Dominicana, Cuba, Uruguay, Brasil, Paraguay, Islas Mauricio, Hawai, Islas Españolas, Caimanes, Santa Elena, Ascensión, República de Zimbabwe y Namibia, así como de otros países en donde se detecte la presencia de la Palomilla del Nopal (*Cactoblastis cactorum* Berg). Excepto aquellos que hayan sido procesados e industrializados y que no representan un riesgo fitosanitario para el país (Diario Oficial, Mayo 2003).

La vigilancia de esta Norma corresponde a la Secretaría, a través del Servicio Nacional de Sanidad, y Calidad Agroalimentaria, los Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal y de las delegaciones estatales.

## CONCLUSIONES

En la recopilación de información sobre el *cactoblastis cactorum*, concluí que es importante tomar medidas necesarias tomando en cuenta los métodos de control más convenientes que se pueden utilizar sin que éstos impacten al ambiente bruscamente.

En el caso de *cactoblastis cactorum* fue un agente de control biológico muy eficaz para Australia para especies invasoras de *Opuntias*, al igual que para otros países pero desafortunadamente al llegar a Florida no se tomaron las medidas adecuadas y el insecto *cactoblastis cactorum* se salio de control dispersándose hacia Isla Mujeres Quintana Roo, puedo decir que en esta parte sur del país no impacta tanto, pero sin embargo hay que tomar las medidas para necesarias para evitar que esta palomilla se desplace hacia el norte del país donde si seria un impacto potencial tanto para familias mexicanas que dependen del nopal como también para la economía de México causando una perdida irreparable del género *Opuntia*.

Se dice de diferentes métodos alternativos para el control del *cactoblastis cactorum* pero en lo particular opino que el método más conveniente son las trampas con feromonas este método resulta menos costoso y eficaz no causa daño al ambiente a comparación con los métodos químicos que son de altos costos y producen efectos en el ambiente.

## ANEXOS

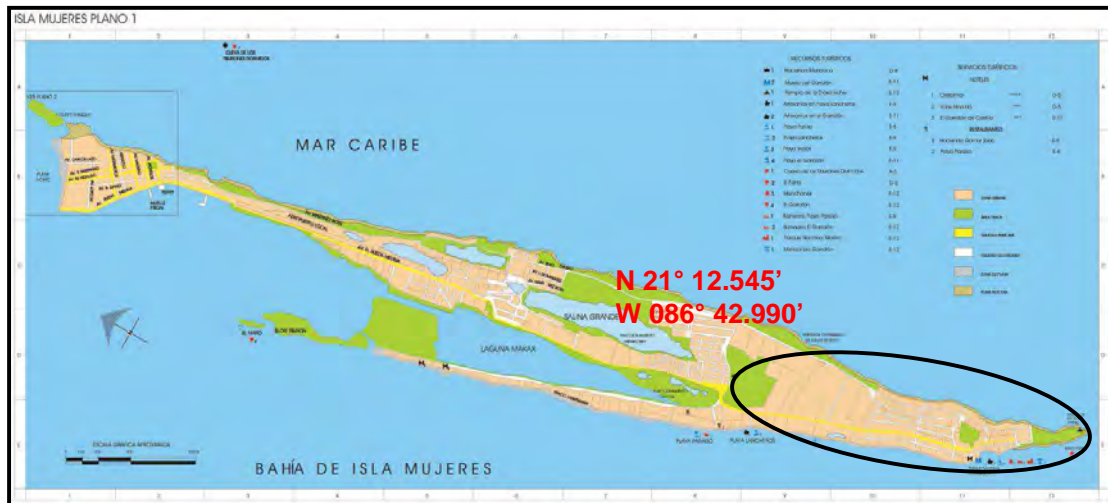
### FIGURAS



Figura 15. Ubicación actual del *C. cactorum* en México: Quintana Roo (CONABIO 2006).



Figura 16. Ubicación exacta de *C. cactorum* en Isla mujeres, Quintana Roo; México (SAGARPA 2006).



N 21° 12.249'  
W 086° 42.806'

Figura 17. Distribución del brote de *C.cactorum* en Isla Mujeres, Quintana Roo; México (agosto 11 de 2006) (CONABIO 2006).



Figura 18. Vegetación que predomina en Isla Mujeres Quintana Roo; México (SAGARPA 2006).



## BROTE DE PALOMILLA DEL NOPAL EN ISLA MUJERES



Figura 19. Brote de *C. cactorum* en Isla Mujeres Quintana Roo; México (SAGARPA 2006).



Figura 20. Eliminación de nopales infectado por *C. cactorum* (SAGARPA 2006)



### ELIMINACIÓN DE NOPALERAS EN PARQUE DE LAS ESCULTURAS.

- 1.- Extraído a pie de nopales arrancados.
- 2.- Extraído con cuatrimoto y remolque.
- 3.- Banco de nopales para traslado a tello de sanitario.

Figura 21. Eliminación de nopales infectado por *C. cactorum*



### Eliminación de nopaleras en los riscos

- 1.-Picado y depósitos en zanjas.
- 2.-Encalado y tapado de fanjas.



## ASPECTOS GRÁFICOS DE LA ELIMINACIÓN DE OVIPOSTURAS.



- 1.- Detección y colecta de oviposturas.
- 2.- Aspecto de oviposturas colectadas desde inicio del programa.

Figura 22. Colecta de oviposturas (SAGARPA 2006).

## ASPECTOS GRÁFICOS DEL TRAMPEO.



- 1.- trampa instalada.
- 2.- Capturas en trampa.
- 3.- Acercamiento de ejemplar capturado.

Figura 23. Trampas para captura de *C. cactorum* (SAGARPA 2006).

Tabla 4. Comportamiento de capturas del *C. cactorum* (SAGARPA 2007).

COLECTA DE OVIPOSTURAS DE PALOMILLA DEL NOPAL EN ISLA MUJERES DE AGOSTO DEL 2006 A ENERO DE 2007.

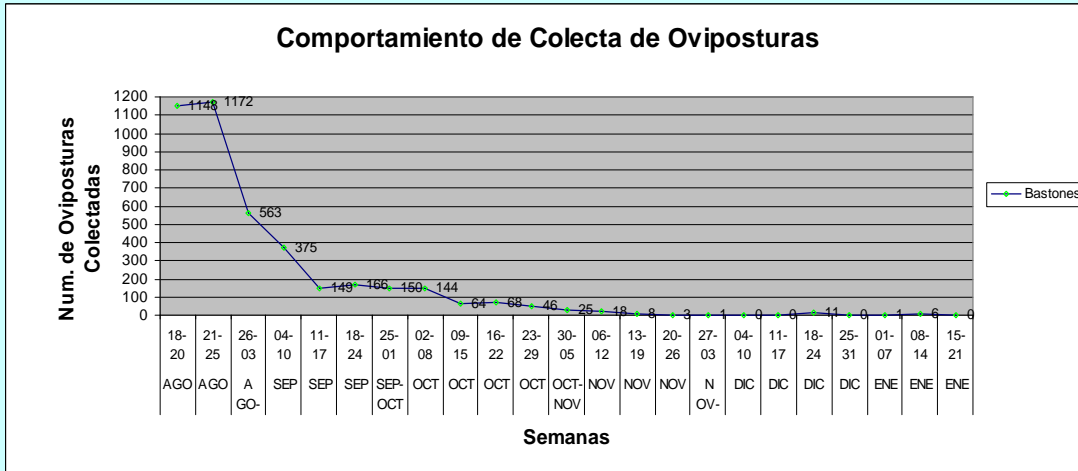


Tabla 5. Comportamiento de capturas del *C. cactorum* (SAGARPA 2007).

CAPTURA DE ADULTOS MACHOS DE PALOMILLA DEL NOPAL EN ISLA MUJERES DE OCTUBRE DEL 2006 A FEBRERO DE 2007.

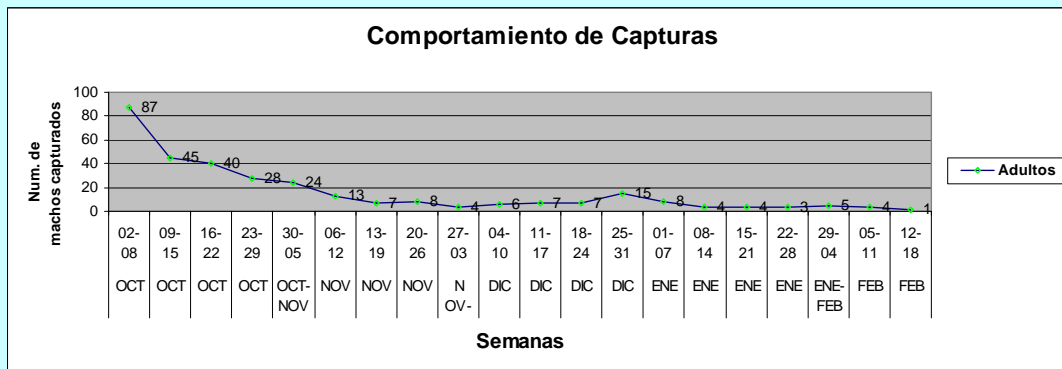
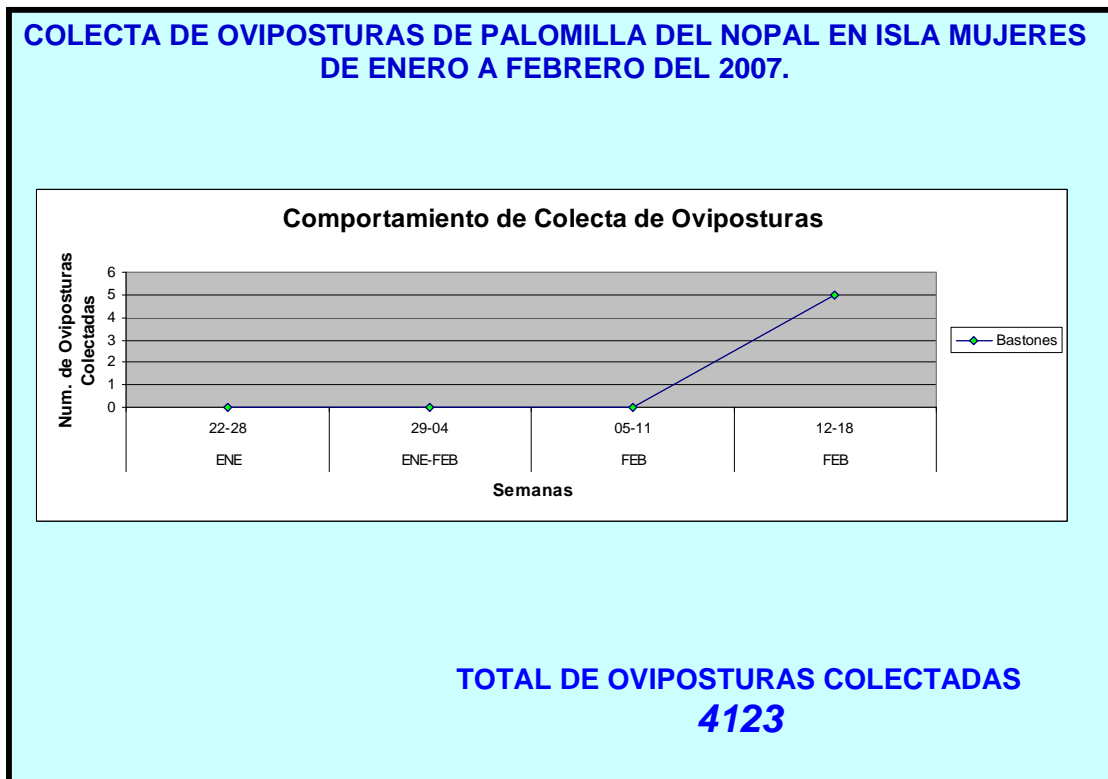


Tabla 6. Colecta de Oviposturas de *C. cactorum* (SAGARPA 2007).



## LITERATURA CITADA

Arias, S. 1993. Cactáceas: conservación y diversidad en México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* XLIV:109-115.

Aluja, M. 1999. Fruit fly (Diptera: Tephritidae) research in Latin America: Myths, realities and dreams. *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil* 28: 565-594.

Anderson, E.F. 2001. *The Cactus Family*. Timber Press, Portland, Oregon

ARITA, H. T. y G. Rodríguez, Patrones geográficos de diversidad de los mamíferos terrestres de América del Norte, Instituto de Ecología, UNAM, Base de datos SNIB-CONABIO, Proyecto Q068, México, 2004

Burger, W.A. 1972. Control cactoblastis and cochineal. *Farming in S. Africa*. 48:6-8

Bravo- Hollis, H. 1978. *Las cactáceas de México*. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Bennett F.D., Cock M.J.W., Hughes I.W., Simmonds F.J.S., and Yaseen M. 1985: "A review of biological control of pests in the Commonwealth Caribbean and Bermuda up to 1982". M.J.W. Cock ed. Commonwealth Inst. Biol. Contr. Tech. Com. 9. 218 p.

Bennett, F.D. and D.H. Habeck. 1995. *Cactoblastis cactorum*: A successful weed control agent in the Caribbean, now a pest in Florida? Proceedings of the VIIIth International Symposium on Biological Control of Weeds, Canterbury, New Zealand, 21-26.

Baeza-Larios, G., J. Sivinski, T. Holler y M. Aluja. 2002. The ability of *Coptera haywardi* (Oglobin) (Hymenoptera: Diapriidae) to locate and attack the pupae of the Mediterranean Fruit

Fly, 2002 *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) under seminatural conditions. *Biological Control* 23: 213-218.

Bloem, S. R. F. Mizell, K.A. Bloem, S. D. Height y J. E. Carpenter. 2005. New insecticides for control of the invasive cactus moth, *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) in Florida. *Florida Entomologist*.

Colunga, G.-M.P., E. Hernández-X y A.Castillo. 1986. Variación morfológica por semilla y propagación vegetativa de *Opuntia* rastrera en la Reserva de la Biosfera de Mapimí, México. Tesis doctoral, Centro de Ecología-UNAM, México.

Carabias, J., V. Arriaga y V. Cervantes. 1994. Los recursos naturales de México y el desarrollo, pp. 303-345. En Pascual, M. P. y J. Woldenberg (eds.). Desarrollo, desigualdad y medio ambiente. Ed. Cal y Arena, México.

Cronin, J. T. y A. G. Abrahamson. 2001. Do parasitoids diversify in response to host-plant shifts by herbivorous insects? *Ecological Entomology* 26: 347-355.

CONABIO, 2002. Invasión de la palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*) en México y sus posibles implicaciones económicas y ecológica.

Duan, J., M. Russell y R. Dukas. 2000. Host selection of *Diachasmimorpha tryoni* (Hymenoptera: Braconidae): comparative response to fruit-infesting and gall-forming Tephritid flies. *Environmental Entomology* 29: 836-845.

Dirzo, R. 2001. Forest ecosystems functioning, threats and value: Mexico as a case study, pp. 47-64. En *Managing Human-Dominated Ecosystems. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. Vol. 84. Missouri Bot. Garden Press. St. Louis, Missouri.*

Diario Oficial, Mayo 2003, NORMA Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-040-FITO-2003, SAGARPA.

- Soberón Jorge, 2002. Las rutas de invasión de *cactoblastis cactorum*, CONABIO, México
- García-Tuduri, Martorell JC, Medina Gaud S. 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.
- González-Espinosa, M. 1999. Interacciones entre fenología, elementos bióticos y disturbio por pastoreo en las nopaleras del centro de México, pp. 342-359. En: J. R. Aguirre Rivera y J. A. Reyes A. (eds.). Memoria. VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Hawkins, B. y R. Goeden. 1984. Organization of a parasitoid community associated with a complex of galls on *Atriplex* spp. in southern California. *Ecological Entomology* 9: 271-292.
- Habeck, D.H., y F.D. Bennet, 1990. *Cactoblastis Cactorum Berg* (Lepidoptera: Pyralidae), a Phycitine new to Florida. *Fla. Dep. Agric. Consum. Serv. Div. Plant. Ind. Entomolo. Circ.* .333.
- Habeck D. H. and F.D. Bennett, 1998. Department of Entomology and Nematology, University of Florida; Publication Number: EENY-56.
- Louda, S, R. Pemberton, M. Johnson y P. Follett. 2002. Nontarget effects – The Achilles' heel of biological control Retrospective analyses to reduce risk associated with biocontrol introductions. *Annual Review of Entomology* 48: 365-396.
- Lobos, Enrique and Ochoa J., 1997. Observations on *Cactoblastis cactorum* as pest of cactus pear (*Opuntia ficus-Indica*) in Argentina with suggestions on possible control methods. *J. PACD.v2*: 97-102.
- Mandujano, M.C., C. Montaña y L.E.Eguiarte. 1996. Reproductive ecology and inbreeding depression in *Opuntia rastrera* (Cactaceae) in the Chihuahua Desert. Why are sexually Derived recruitments so rare? *American Journal of Botany* 83: 63-70.



Miranda, F. y E. Hernández- X. 1963. Tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28:29-179.

Murdoch, W. W. y C. J. Briggs. 1996. Theory for biological control: recent developments. *Ecology* 77: 2001-2013.

Martínez R.F. 2007. Monografía de nopal tunero; Secretaria de Desarrollo Rural del Estado de Puebla.

Ovruski, S. 1994. Comportamiento en la detección del huésped de *Aganaspis pelleranoi* (Hymenoptera: Eucilidae), parasitoide de larvas de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 53: 121-127.

Pemberton, R. W. *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) in the United States: An immigrant biological control agent or an introduction of the nursery industry. *American Entomologist* 41: 230 - 232.

Perez Montesbravo, E.2002.some considerations about *Cactoblastis.cactorum* in Cuba and its impact. Cactus moth consultans meeting, Internacional Atomic Energy Agency (IAEA), Viena, Australia: 15-19 July 2002.

Rzedowski, J. 1983. *Vegetación de México*. Limusa, México, 432 pp.

Scheibengraf 1993, El cultivo de la tuna en la provincia de Córdoba.

Sarukhán, J., J. Soberón y J. Larson-Guerra. 1996. Biological conservation in high beta-diversity country, pp. 246-263. En F. Di Castri y T. Younes (eds) *Biodiversity, science and development. Towards a new partnership*. CAB International-IUBS, Paris.

Simberloff, D. y P. Stiling. 1996. How risky is biological control? *Ecological Society of America* 77: 1965-1974.

Toledo, V. M., J. Carabias, C. Toledo y González Pacheco. 1989. La producción rural en México: Alternativas ecológicas. UNAM / Fundación Universo Veintiuno, México.

Vet, L. E. y K. Bakker. 1985. A comparative functional approach to the host detection behaviour of parasitic wasps. 2. A quantitative study on eight eucoilid species. *Oikos* 44: 487-498.

Van Alphen, J. J., G. Nordlander y I. Eijs. 1991. Host habitat finding and host selection of the *Drosophila* parasitoid *Leptopilina australis* (Hymenoptera: Eucolidae), with a comparison of the niches of European *Leptopilina* species. *Oecologia* 87: 324-329.

Zimmermann, H.G. 2000. *Cactoblastis cactorum*, una nueva plaga de muy alto riesgo para las *opuntias* de México. *Biodiversitas*, CONABIO, 6 (33): 1-14.

Zimmerman, H., V. C. Moran, y J. H. Hoffmann. 2000. The renowned cactus moth, *Cactoblastis cactorum*: its natural history and threat to native *Opuntia* floras in Mexico and the United States of America. *Diversity and Distributions* 6: 259-269.

Zimmermann, H., M. Pérez-Sandi Cuen, J. Goluvob, J. Soberón y J. Sarukhán. 2000b. *Cactoblastis cactorum*, una nueva plaga de muy alto riesgo para las *Opuntias* de México. *Biodiversitas* 33: 1-15.

Zimmermann, H.G., V. C. Moran y J. H. Hoffmann. 2001. The renowned cactus moth, *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: *Pyralidae*): its natural history of America. *Florida Entomologist*. 84 (4): 543-551

Zimmermann, H.G., H. Klein y S. Bloem. 2004. The biology, history, threats, surveillance and control of the cactus moth, *Cactoblastis cactorum*. Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture. IAEA, Viena, Austria. 40 pp.

Zimmermann, H.G. y M. Perez Sandi Cuen. 2006. The consequences of introducing the cactus moth , *Cactoblastis cactorum*, to the Caribbean and beyond. IAEA report. 1- 64.

Zetina R.R 2007 situación actual de la palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum* berg.) en los municipios de Isla Mujeres y Benito Juárez en el Edo. De Q.Roo, México. Comité de Sanidad Vegetal SAGARPA.

## **FUENTE ELECTRÓNICA:**

- 1.-<http://www.teorema.com.mx/articulos.php>
- 2.-<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/cactoblastis>
- 3.-[http://www.geocities.com/achuma\\_ar/cactoblastiscactorum](http://www.geocities.com/achuma_ar/cactoblastiscactorum).
4. - [http://www.cofemermir.gob.mx/inc\\_lectura\\_region](http://www.cofemermir.gob.mx/inc_lectura_region)
- 5.-<http://www.ars.usda.gov/is/espanol/AR/archive/sep06/moth0906.es.htm>
- 6.-<http://www-naweb.iaea.org/nafa/ipc/public/cactoblastis-spanish05.pdf>
- 7.-<http://www.bioone.org/perlserv/?request=get-abstract>
- 8.-[http://www.cronica.com.mx/nota.php?id\\_nota=182423](http://www.cronica.com.mx/nota.php?id_nota=182423)
- 9.-[http://creatures.ifas.ufl.edu/bfly/cactus\\_moth.htm#intro](http://creatures.ifas.ufl.edu/bfly/cactus_moth.htm#intro)
- 10.<http://senasicaw.senasica.sagarpa.gob.mx/portal/html/sanidad>
- 11.-<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/cactoblastis/doctos/cactoblastis.html>
- 12.-<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/cactoblastis/cacto/descargas/plagas.doc>
- 13.<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/cactoblastis/doctos>
- 14.-[www.jornada.unam.mx/2007/02/16/index.php?section=estados&article=039n3est](http://www.jornada.unam.mx/2007/02/16/index.php?section=estados&article=039n3est)
- 15.-<http://linus.socs.uts.edu.au/~don/larvae/pyra/cactor.html>

16.-<http://biodiversidadla.org/content/view/full/30695>

17.[http://www.ecologia.unam.mx/laboratorios/lemye/gente\\_lemye/jordan\\_golubov/papers\\_pdf/biodiver40.pdf](http://www.ecologia.unam.mx/laboratorios/lemye/gente_lemye/jordan_golubov/papers_pdf/biodiver40.pdf)

18.-<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/cactoblastis/doctos/EstudioConabio2001.Doc>

19.- <http://faa.unse.edu.ar/docentes/resfaa2006/295-06.pdf>