



Panorama Internacional de la Palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*) (avistamiento en Texas, EUA)



"ESTE PROGRAMA ES PÚBLICO, AJENO A CUALQUIER PARTIDO POLÍTICO. QUEDA PROHIBIDO EL USO PARA FINES DISTINTOS A LOS ESTABLECIDOS EN EL PROGRAMA"



GOBIERNO DE
MÉXICO

AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



SENASICA
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD,
INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA



Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios



| Evento | Tipo de Análisis | Nivel de riesgo |
|-------------------------|---|-----------------|
| Alerta Sanitaria | Panorama Internacional <i>Cactoblastis cactorum</i> (avistamiento en Texas, EUA) | |

| | | | | |
|-------|-----------------|---|---|---------------------------------|
| Alto | 3 | 6 | 9 | I m p a c t o |
| Medio | 2 | 4 | 6 | |
| Bajo | 1 | 2 | 3 | |
| | Bajo Medio Alto | | | |
| | Probabilidad | | | |

Daños y dispersión

La palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*) se encuentra de manera natural en el norte de Argentina, Uruguay, Paraguay y el sur de Brasil (Mann, 1969). *C. cactorum* fue introducido en Australia exitosamente como agente de control biológico de especies de *Opuntia* consideradas como invasoras en zonas agrícolas. Posteriormente, fue introducida a Sudáfrica e islas del Caribe, donde algunas especies del género *Opuntia* se consideraban invasoras; sin embargo a partir de la introducción deliberada del insecto en el Caribe, las poblaciones nativas de *O. triacantha* y *O. stricta* fueron severamente afectadas (McFadyen, 1985). Actualmente, *C. cactorum* está considerada como una seria amenaza a la gran diversidad de Opuntias, nativas o cultivadas en todo el mundo.

La palomilla del nopal tiene un amplio rango de hospedantes dentro del género *Opuntia* (Moran y Zimmerman, 1984). Las larvas causan daño al perforar y destruir los cladodios, alimentándose de partes leñosas y suculentas de las especies de *O. ficus-indica*. El daño causado permite la entrada de patógenos, que ocasionan la muerte del nopal (Starmer *et al.*, 1987). Asimismo, presenta gran habilidad para localizar plantas hospedantes en desarrollo que se encuentran de forma aislada. Cuando la densidad de plantas hospedantes es alta, las palomillas se dispersan muy poco; sin embargo, al escasear el alimento se dispersan a mayor distancia para ovipositar (Dodd, 1940).

El adulto de *C. cactorum* vuela cerca del suelo y su patrón de vuelo es errático. La distancia de dispersión más larga registrada para una hembra adulta fue de 24 kilómetros en Australia (Dodd, 1940). En otro estudio realizado en Australia, la población se dispersó entre 16 y 24 kilómetros, en dos años y medio (Dodd, 1940), y en Sudáfrica la población se desplazó entre 3 y 6 kilómetros en el mismo período de tiempo (Petty, 1948).

La dispersión de la plaga por vía natural o accidental, ocasionó su presencia en todas las islas del Caribe, situación que permitió posiblemente su llegada a Florida, EUA en 1989; a Isla Mujeres cerca de Cancún, México en el año 2006 y a isla Contoy, en mayo de 2007. Por lo que en el país se implementaron medidas fitosanitarias para su control, logrando su erradicación hasta el año 2009.

C. cactorum, representa una amenaza para las especies de *Opuntia* tanto nativas como cultivadas, las cuales son importantes para la agricultura de subsistencia y comercial, además de que tienen una importancia ecológica ya que pueden prevenir la desertificación y promover la reforestación en áreas áridas por su capacidad para sobrevivir a lluvias escasas o erráticas y altas temperaturas (OIEA, 2002). Existe la preocupación permanente de que *C. cactorum* invada las zonas

Plaga/
Hospedantes



Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

desérticas del suroeste de EUA y México, donde las especies de *Opuntias* estarían en riesgo (CABI, 2002).

Hospedantes

Los principales hospedantes son las especies del Género *Opuntia* y *Cylindropuntia* de la familia Cactaceae. Las palomillas muestran preferencias para ovipositar, en la especie *Opuntia engelmannii* var. *linguiformis* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Hospedantes de *Cactoblastis cactorum*

| Familia | Nombre científico | Nombre común |
|---------------------------|---|----------------------------|
| Cactaceae | <i>Opuntia ficus-indica</i> | Nopal |
| | <i>Cylindropuntia</i> spp | Choyas |
| | <i>Cylindropuntia fulgida</i> (Engelmann) F. M. Knuth 1935 | Choya |
| | <i>Cylindropuntia imbricata</i> (Haworth) F. M. Knuth 1935 | Cardón |
| | <i>Opuntia pubescens</i> Salm-Dyck ex DC. | Tetencholete |
| | <i>Opuntia aciculata</i> (Griffiths 1916) | Nopal cuijo |
| | <i>Opuntia atrispina</i> (Griffiths 1910) | Nopal calvo |
| | <i>Opuntia aureispina</i> (S. Brack & K. D. Heil) Pinkava & B. D. Parfitt 1988) | Nopal de espinas doradas |
| | <i>Opuntia basilaris</i> (Engelmann & Bigelow 1856) | Nopal de castor |
| | <i>Opuntia chisosensis</i> ((M. Anthony) D. J. Ferguson 1986) | Nopal cuijo |
| | <i>Opuntia chlorotica</i> (Engelmann & Bigelow 1856) | Nopal verdoso |
| | <i>Opuntia cochenillifera</i> ((Linnaeus) P. Miller 1768) | Nopal de la cochinilla |
| | <i>Opuntia compressa</i> McBride 1922 | Easter prickly pear cactus |
| | <i>Opuntia cymochila</i> (Engelmann & J. M. Bigelow 1856) | Nopal raizudo |
| | <i>Opuntia dillenii</i> ((Ker Gawler) Haworth 1819) | Nopal de caballo |
| | <i>Opuntia</i> spp. | Nopal, xoconostle |
| | <i>Opuntia engelmannii</i> (Salm-Dyck ex Engelmann 1850) | Nopal cuijo |
| | <i>Opuntia fragilis</i> ((Nuttall) Haworth 1819) | Nopal |
| | <i>Opuntia littoralis</i> ((Engelmann) Cockerell 1905) | Nopal del litoral |
| | <i>Opuntia macrocentra</i> (Engelmann 1857) | Nopal violáceo |
| | <i>Opuntia macrorhiza</i> (Engelmann 1850) | Nopal raizudo |
| | <i>Opuntia microdasys</i> ((Lehmann) Pfeiffer 1837) | Nopal cegador |
| | <i>Opuntia monacantha</i> (Haworth 1819) | Nopal |
| | <i>Opuntia oricola</i> (Philbrick 1964) | Nopal de montaña |
| | <i>Opuntia phaeacantha</i> (Engelmann 1849) | Nopal de Chihuahua |
| | <i>Opuntia polyacantha</i> (Haworth 1819) | Nopal peludito |
| | <i>Opuntia pusilla</i> ((Haworth) Haworth 1812) | Nopal camueso |
| | <i>Opuntia robusta</i> (H. L. Wendland 1835) | Nopal camueso |
| | <i>Opuntia rufida</i> (Engelmann 1857) | Nopal cegador |
| | <i>Opuntia spinulifera</i> (Salm-Dick 1834) | Nopal ardilla |
| | <i>Opuntia streptacantha</i> (Lemaire 1839) | Nopal cardón |
| | <i>Opuntia stricta</i> ((Haworth) Haworth 1812) | Nopal de caballo |
| | <i>Opuntia strigil</i> (Engelman 1857) | |
| | <i>Opuntia tomentosa</i> (Salm-Dyck 1822) | Nopal chamacuelo |
| <i>Opuntia grahamii</i> | Choya aglomerada | |
| <i>Opuntia tortispina</i> | Nopal raizudo | |

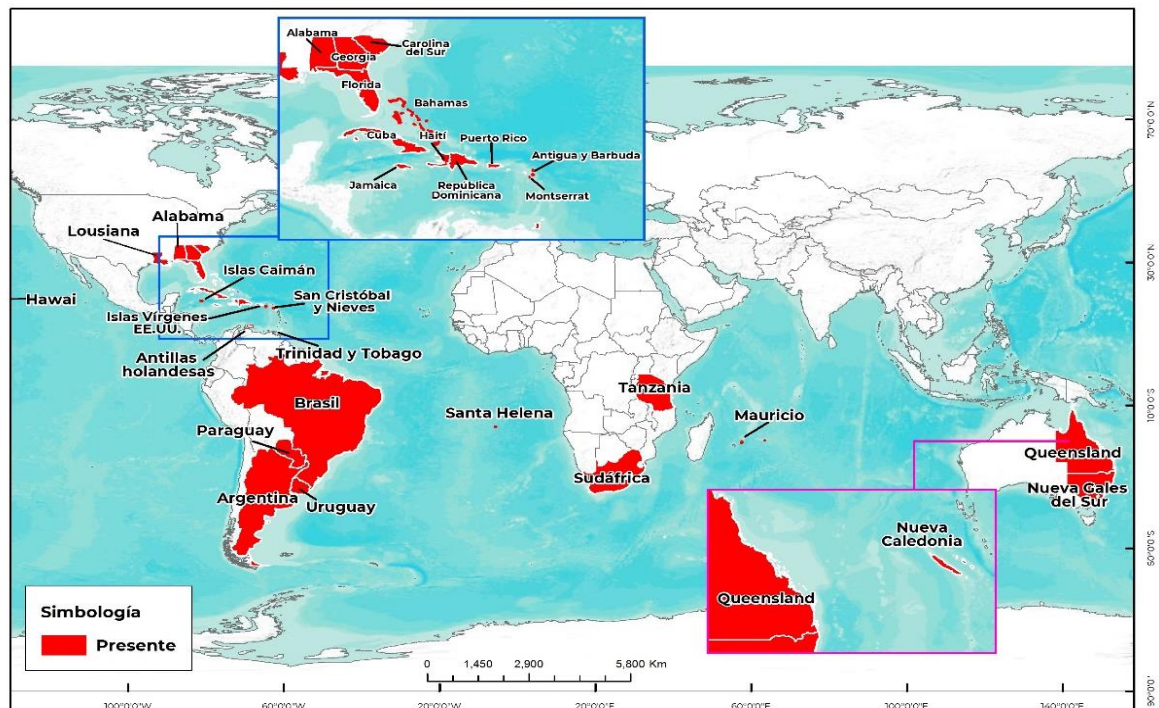
CONABIO, 2002.

Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

Distribución Mundial de la Palomilla del nopal

Cuadro 2. Distribución Mundial de la Palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*)

| Continente | Países y Zonas |
|----------------|---|
| África | Mauricio, Santa Helena, Sudáfrica y Tanzania. |
| América | Antigua y Barbuda, Argentina, Bahamas, Brasil, Islas Caimán, Cuba, República Dominicana, Haití, Jamaica, Montserrat, Antillas Holandesas, Paraguay, Puerto Rico, San Cristóbal y Nieves, Trinidad y Tobago, Estados Unidos de América (Alabama, Florida, Georgia, Hawái, Luisiana, Carolina del Sur, Islas Vírgenes) y Uruguay. |
| Oceanía | Australia (Nueva Gales del Sur y Queensland) y Nueva Caledonia. |



CEMÁTICA D3 SENASICA-8-2020-M749
FECHA: 09/03/2020

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, en la totalidad de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotográfico, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del SENASICA.

Figura 1. Distribución mundial de *Cactoblastis cactorum*

Estatus Fitosanitario:

Conforme a la ficha técnica de la Palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*) actualizada al 2019 por parte del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, el estatus de dicha plaga es considerada **Ausente: plaga erradicada.**

Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

En Estados Unidos de América *Cactoblastis cactorum* fue detectada por primera vez en Florida en 1989 y sus poblaciones se han ido dispersando rápidamente a lo largo de la costa del Atlántico y el Golfo de México (Zimmermann, et al., 2007). En la Figura 2 se observa la cronología de la plaga en Norteamérica.

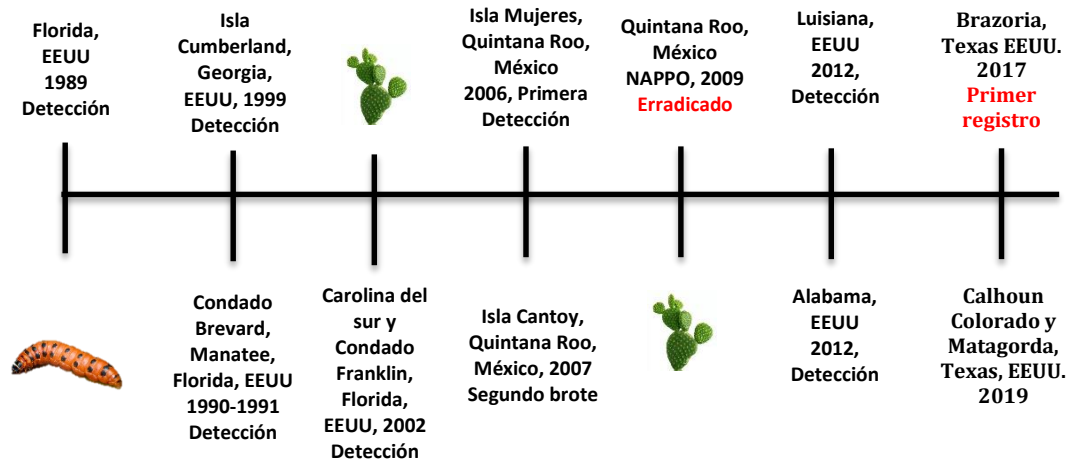


Figura 2. Cronología de detecciones en EUA y México de *C. cactorum*.

Situación Internacional:

De acuerdo con Burleigh (2020), el pasado 13 de junio de 2020, el comisionado del Departamento de Agricultura de Texas de Estados Unidos de América, comentó a medios locales de prensa sobre el avistamiento de *C. cactorum* en zonas silvestres de los condados de Brazoria, Chambers, Colorado y Matagorda, por lo que, exhortaron a la población para notificar, ante el Programa de Calidad Vegetal del Departamento de Agricultura de Texas, casos de avistamiento de ejemplares sospechosos a la plaga.

De acuerdo con el Centro Nacional de Información de Especies Invasoras del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) la distribución actual de la plaga tiene presencia en los estados de Alabama, Florida, Georgia, Hawái, Luisiana, Mississippi y Carolina del Sur. Asimismo, el Instituto de Especies Invasoras de Texas y la Universidad de Austin, comunicaron en agosto de 2018, el hallazgo de ejemplares de la palomilla del nopal en el condado de Brazoria; mientras que en el año 2019 se encontraron ejemplares en los condados de Calhoun, Colorado y Matagorda, sin embargo, hasta el momento no existe comunicado oficial por parte de USDA, ni investigaciones científicas que reporten su presencia en Texas.

En México las especies del género *Opuntia*, por amplia diversidad genética existente son de gran importancia y tienen un amplio uso en la alimentación (Reyes Agüero et al., 2005). Las principales especies cultivadas son: *O. ficus-indica*, *O. xoconoxtle*, *O. megacantha*, *O. streptacantha*, *O. robusta*, *O. leucotricha*,

Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

O.hyptiacantha y *O. chaveña*, mismas que se desarrollan en zonas áridas y semiáridas.

En el Cuadro 3 se enlistan los hospedantes que podrían ser afectados por la palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*) en México.

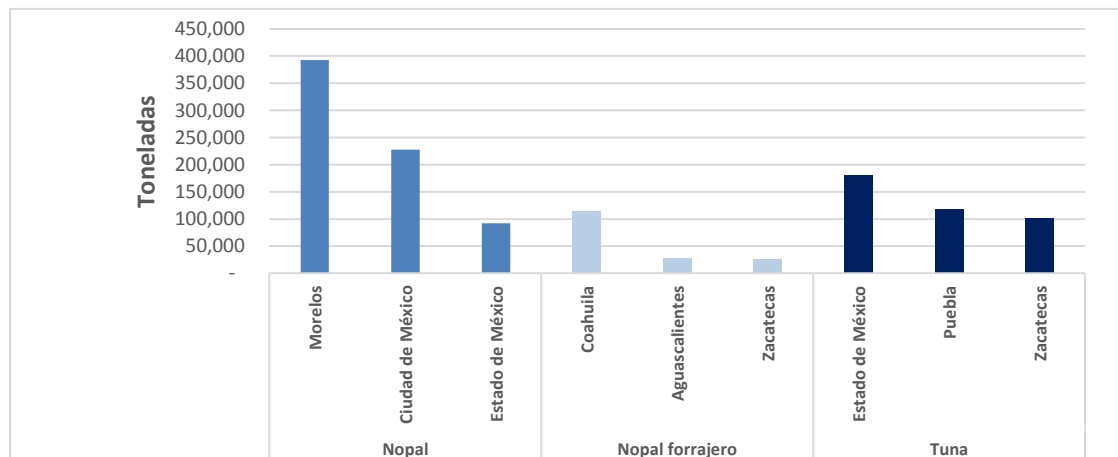
Cuadro 3. Hospedantes de *Cactoblastis cactorum* en México

| Cultivo | Sup. Sembrada (ha) | Volumen de producción (ton) | Valor de producción (\$) |
|-----------------|--------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Nopal Verdura | 12,799 | 891,821 | 2,425,003,591 |
| Tuna | 45,733 | 468,100 | 1,537,199,423 |
| Nopal forrajero | 17,267 | 167,710 | 70,980,350 |
| Total general | 75,799 | 1,527,631 | 4,033,183,364 |

Considerando la información del cuadro anterior, **los estados con mayor vulnerabilidad por la producción de nopal verdura son: Morelos, Ciudad de México y Estado de México; en relación a la producción de Nopal forrajero: Coahuila, Aguascalientes y Zacatecas; y de producción de tuna, el Estado de México, Puebla y Zacatecas** (Gráfica 1), con un volumen de producción total de 1 millón 279 mil toneladas de este cultivo en sus diferentes modalidades.

Acciones:

Gráfica 1. Principales Estados productores de hospedantes potenciales de la palomilla del nopal



Bajo este escenario, **de ingresar la plaga a territorio nacional, se pondrían en riesgo 75 mil 799 hectáreas de nopal con un valor de producción de más de 4 mil 033 millones de pesos; afectando principalmente a productores de los estados de Morelos, Estado de México, Ciudad de México, Puebla, Zacatecas, Coahuila, Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato y Michoacán** (Cuadro 4) (SIAP, 2019).



Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

Cuadro 4. Probable impacto económico de hospedantes de *Cactoblastis cactorum* por entidad federativa (SIAP, 2020).

| Estado | Sup. Sembrada (ha) | Volumen de producción (ton) | Valor de producción (\$) |
|----------------------|--------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Morelos | 4,107 | 392,466 | 628,530,356 |
| Estado de México | 16,984 | 272,479 | 738,004,400 |
| Ciudad de México | 2,482 | 227,845 | 758,216,936 |
| Puebla | 5,922 | 149,060 | 533,603,316 |
| Zacatecas | 12,897 | 138,668 | 393,270,761 |
| Coahuila | 15,572 | 113,479 | 47,390,536 |
| Aguascalientes | 1,626 | 51,319 | 64,091,254 |
| Jalisco | 2,753 | 48,575 | 348,622,080 |
| Guanajuato | 2,059 | 28,093 | 112,657,808 |
| Michoacán | 744 | 25,376 | 114,644,235 |
| Hidalgo | 4,405 | 22,924 | 97,412,242 |
| San Luis Potosí | 3,227 | 15,578 | 51,144,248 |
| Baja California | 385 | 13,673 | 35,686,704 |
| Tamaulipas | 1,573 | 13,414 | 44,883,299 |
| Baja California Sur | 130 | 2,911 | 6,340,341 |
| Sonora | 128 | 2,883 | 11,678,567 |
| Durango | 55 | 2,761 | 14,813,205 |
| Querétaro | 343 | 2,092 | 10,181,372 |
| Oaxaca | 239 | 1,961 | 12,611,679 |
| Veracruz | 52 | 674 | 3,323,398 |
| Nayarit | 60 | 379 | 1,496,396 |
| Colima | 16 | 354 | 957,980 |
| Tlaxcala | 24 | 273 | 1,499,955 |
| Guerrero | 12 | 188 | 1,010,511 |
| Nuevo León | 4 | 154 | 778,460 |
| Yucatán | 2 | 50 | 319,271 |
| Sinaloa | 1 | 4 | 14,055 |
| Total general | 75,799 | 1,527,631 | 4,033,183,363 |

Además de las especies cultivadas se verían afectadas más de 25 especies nativas hospedantes de la palomilla en México (Figura 3).

Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

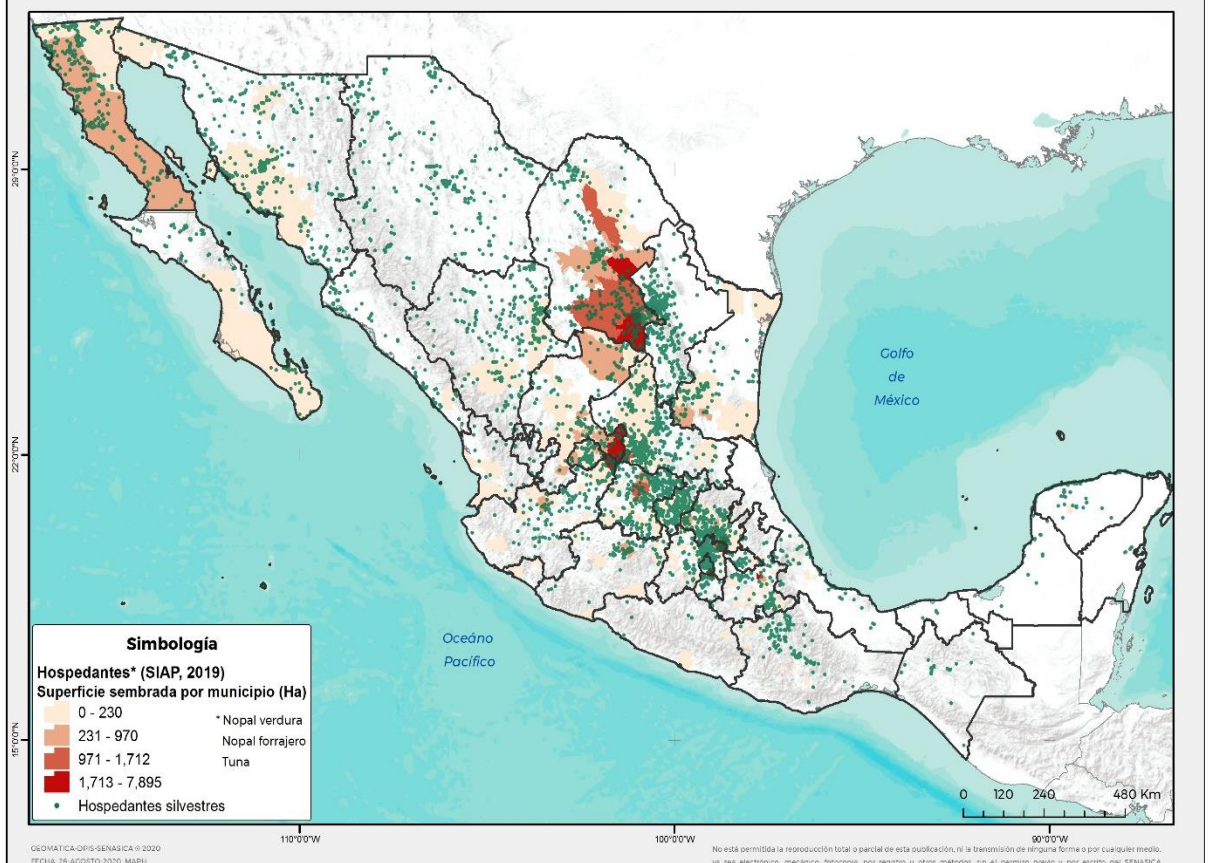


Figura 3. Distribución de hospedantes cultivadas y silvestres de *Cactoblastis cactorum*

Acciones Fitosanitarias en México

➤ Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (VEF)

Con el objetivo de detectar de manera oportuna a *Cactoblastis cactorum*, actualmente se realizan actividades de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria en 16 estados de la República Mexicana: Campeche, Chihuahua, Ciudad de México, Coahuila, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Nuevo León, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán y Zacatecas. (Figura. 4)

Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

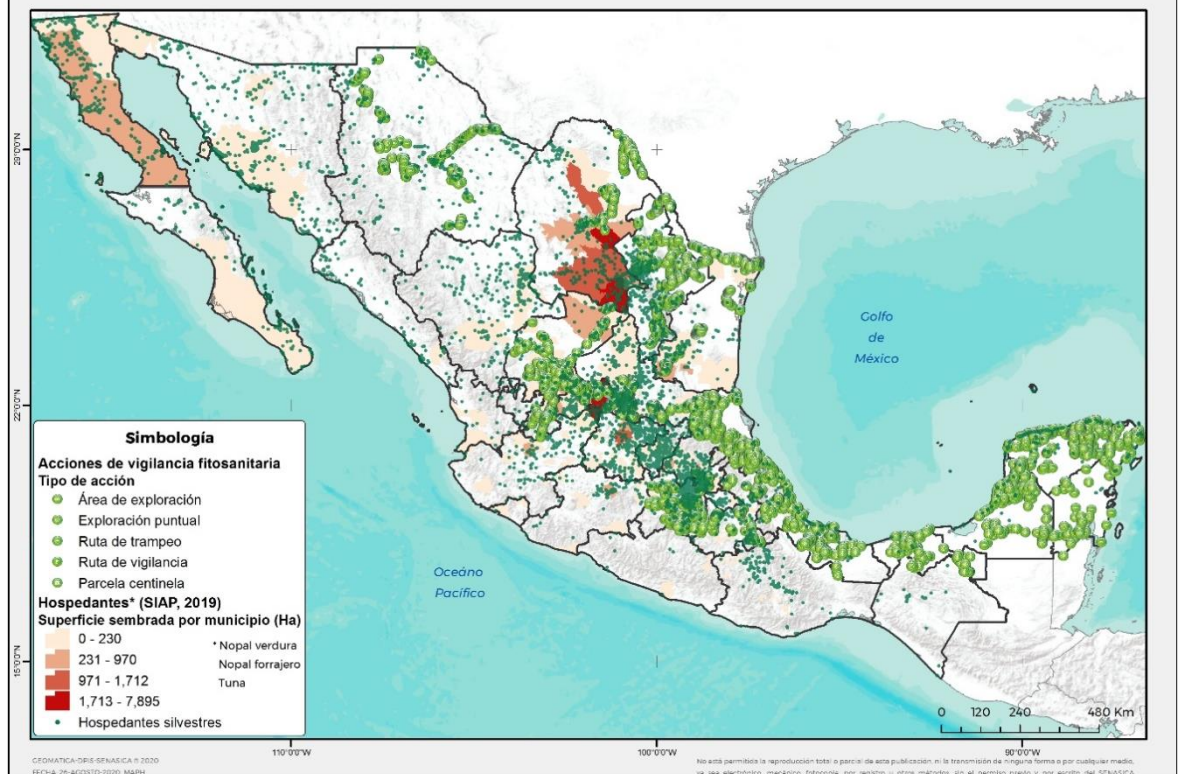


Figura 4. Acciones de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria y hospedantes de *Cactoblastis cactorum* en México.

Dentro de la estrategia operativa se realizan acciones de exploración, rutas de vigilancia, ruta de trapeo y parcelas centinela (Cuadro 5) (SIRVEF, 2020).

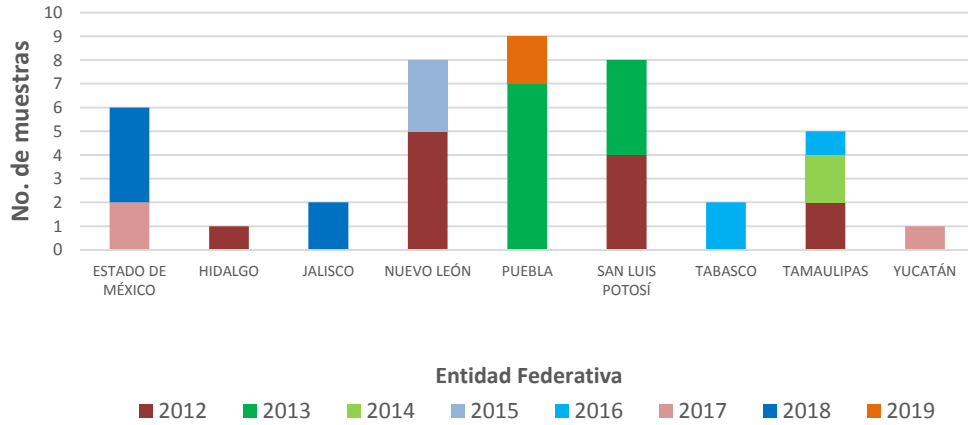
Cuadro 5. Estrategia Operativa Fitosanitaria

| Estrategias operativas | Observaciones |
|------------------------|-------------------------------------|
| Rutas de trapeo | 10,739 trampas instaladas |
| Parcelas centinela | 383 parcelas |
| Puntos de Vigilancia | 321 puntos |
| Exploración puntual | 5,799 sitios explorados |
| Área de exploración | 1,633.34 ha de superficie explorada |

Como resultado del Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria a la fecha se han diagnosticado 42 muestras sospechosas a *C. cactorum* (Gráfica 2). Las muestras recolectadas y procesadas corresponden al período comprendido entre el año 2012 a julio de 2020 procedentes de las siguientes entidades federativas: Puebla ($n=9$), Nuevo León ($n=8$), San Luis Potosí ($n=8$), Estado de México ($n=6$) y Tamaulipas ($n=5$) (SINALAB, 2020); muestras de las cuales el resultado fue negativo a la plaga.

Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

Gráfica 2. Muestras diagnosticadas por entidad federativa 2012-2020.



Nota: De enero-agosto del 2020 no se tienen registros de muestras diagnosticadas.

Probabilidad del Riesgo de Introducción y Dispersión a territorio nacional.

Conforme a los avistamientos de la palomilla del nopal (*C. cactorum*) en zonas silvestres de los condados de Brazoria, Calhoun, Colorado y Matagorda en Texas, los cuales se localizan aproximadamente a 300 km de la frontera con Tamaulipas; 400 km con Nuevo León y a 500 km con Coahuila (Figura 5).

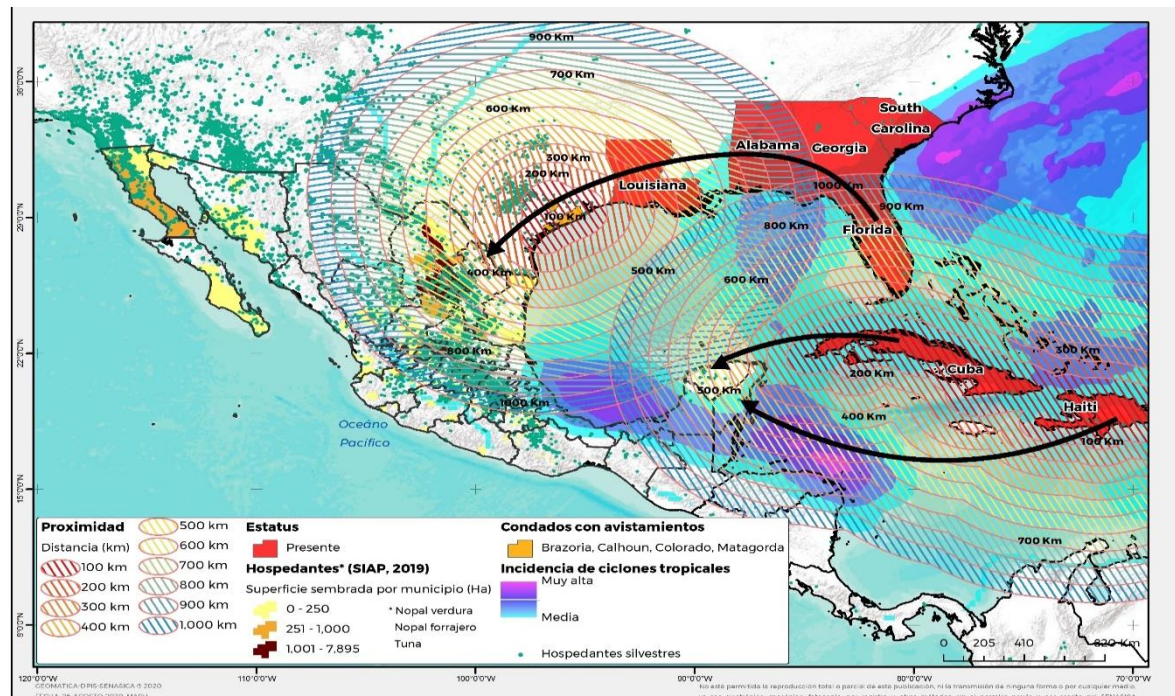


Figura 5. Proximidad de detecciones de *Cactoblastis cactorum* en EUA a la frontera con México y rutas de dispersión



Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

Existe alto riesgo de introducción de la plaga por la cercanía geográfica, aunado al flujo comercial existente y constante entre el estado de Texas, EUA y los estados de Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila y Chihuahua, México, a través de los puntos fronterizos en Ciudad Miguel Alemán, Reynosa, Matamoros y Nuevo Laredo, Tamaulipas; Nuevo León; Ciudad Acuña y Piedras Negras, Coahuila; así como Ojinaga y Ciudad Juárez, Chihuahua. Este escenario podría tener efectos devastadores en el paisaje y la biodiversidad de ecosistemas desérticos nativos, ya que México es el país con mayor diversidad de cactáceas pues cubre tres millones de hectáreas de superficie, cuenta con 850 especies (Arias-Montes, 1993), además de que representa un alto grado endémico en el país, con cerca del 73% a nivel de género y 78% a nivel de especies (Durán-García *et al.*, 2010). Además de su importancia en la industria agrícola y pecuaria como producto forrajero.

Por otro lado, cuando la densidad de hospedantes es baja, la palomilla del nopal se desplaza de 50 a 75 km por año de manera natural. La palomilla se dispersa en tres periodos hacia la masa continental de EUA. El primero a mediados de febrero y finales de mayo, el segundo a mediados de junio y finales de agosto y el último desde inicios de septiembre hasta finales de noviembre. Los meses en que la palomilla no se desplaza grandes distancias es en diciembre y enero (Hight y Carpenter, 2009).

Otra importante forma de dispersión es por la influencia de vientos fuertes, Soberón *et al.*, (2001), mencionan que, de acuerdo con datos bioclimáticos, la ruta más probable de invasión de *C. cactorum* a México, es desde el estado de Florida hacia los estados ubicados sobre las costas, en Texas por ejemplo y de allí a los estados del Norte de México. Adicionalmente, puede darse también la dispersión por eventos climáticos procedentes de Cuba, Haití y la República Dominicana, los cuales se localizan aproximadamente a 400 km del estado de Yucatán, México (Figura 5); Asimismo, la incidencia de ciclones tropicales en el Sureste es de Media a Muy alta; por lo que representa un alto riesgo de introducción por esta ruta (Figura 5).

A la fecha, la introducción de *C. cactorum* a Florida es desconocida; sin embargo, Habeck y Bennett (1990) y Johnson y Stiling (1996), mencionan que fue por propagación natural, a través del Caribe durante la temporada de huracanes de verano (junio-noviembre).

Ante el escenario anterior, y para fortalecer los elementos en el riesgo de introducción de la plaga, se realizó el modelado de corredores biológicos para *C. cactorum* considerando la definición de núcleos y condiciones ambientales de resistencia. Para la definición de los núcleos se delimitaron las zonas con presencia de la plaga en Estados Unidos de América y las zonas con mayor densidad de hospedantes comerciales y silvestres en México. Posteriormente, **se definieron cuatro condiciones ambientales de resistencia en Estados Unidos de América y México para diseñar los corredores biológicos: densidad de hospedantes, altitud, dirección del viento y velocidad del viento para los meses de octubre y noviembre.**



Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

Finalmente, cada capa se clasificó considerando las condiciones idóneas para *C. cactorum* con base en la ficha técnica de Palomilla del Nopal (Cuadro 6).

Cuadro 6. Variables de resistencia para corredores biológicos y condiciones óptimas

| Variable de resistencia | Condición óptima para la plaga |
|-------------------------|---|
| Altitud | Entre 0 a 500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) |
| Dirección del viento | Dirección del viento principalmente de este a oeste. |
| Velocidad del viento | Intensidad del viento mayor a 1.5 m s^{-1} . |
| Hospedantes | Zonas con mayor densidad de hospedantes silvestres y comerciales en México. |

Los resultados indican que existen corredores biológicos desde Texas hasta la región norte de los estados de Tamaulipas y Nuevo León principalmente, los cuales se extienden hacia el norte del estado de Veracruz. Este corredor de la región norte del país se extiende por la frontera entre Estados Unidos de América y los estados de Coahuila, Chihuahua y Sonora, en donde se identifican dos municipios con condiciones óptimas en la zona de la Reserva de la Biósfera El Pinacate y Gran Desierto del Altar.

En el escenario de la frontera sur de México, se observa también una zona de corredores biológicos en la península de Yucatán, principalmente en la región costera del estado de Quintana Roo, Yucatán, Campeche y Tabasco. Este corredor biológico queda definido por la posible dispersión de la plaga desde Cuba principalmente.

En total se tiene que los corredores biológicos en México atraviesan el territorio de 56 municipios del estado de Tamaulipas, 18 municipios del estado de Nuevo León, 7 municipios del estado de Coahuila, 5 municipios del estado de Veracruz y 2 municipios del estado de San Luis Potosí en la región norte. Mientras que en la región sur del país son 91 municipios de Yucatán, 16 de Tabasco, 11 de Campeche, 7 de Chiapas y 7 de Quintana Roo (Figura 6).

Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

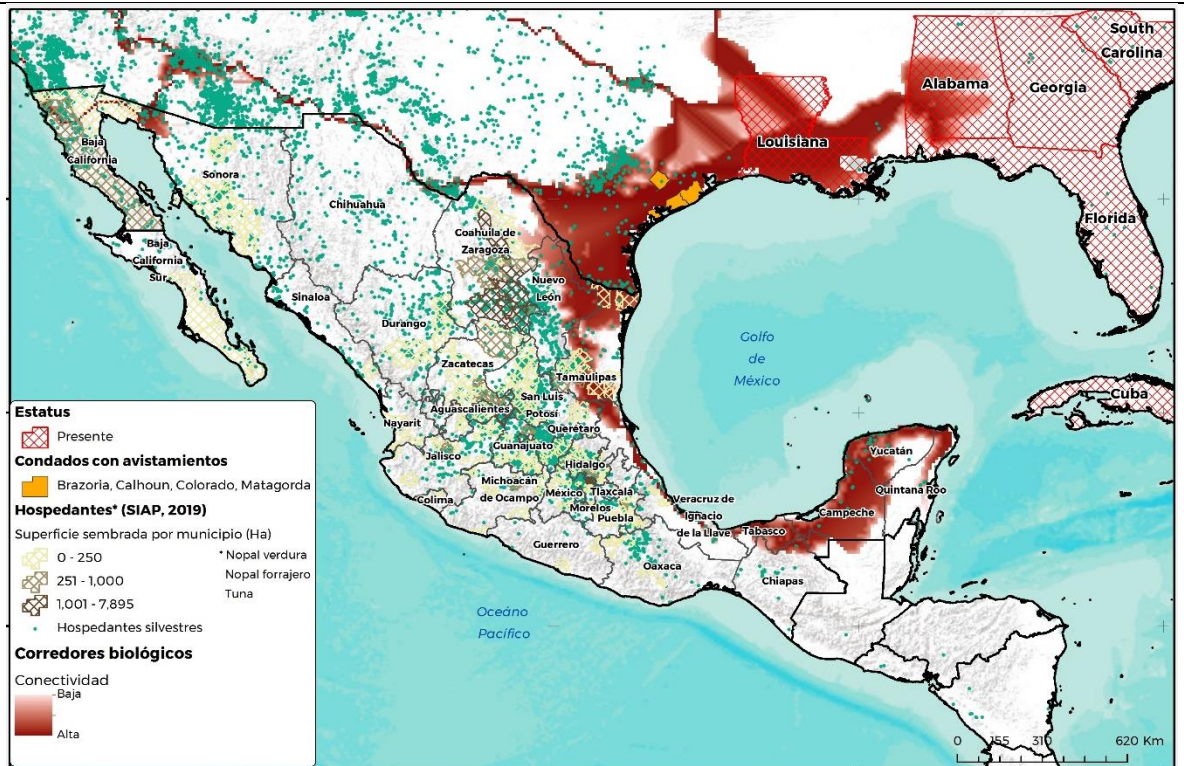


Figura 6. Corredores biológicos para *Cactoblastis cactorum* en México y Estados Unidos de América.

Riesgo de Establecimiento de la palomilla del nopal **Capacidad de adaptación climática de la plaga en el país**

Las condiciones climáticas a lo largo del territorio nacional favorecen el establecimiento de *C. cactorum* y de acuerdo con los requerimientos térmicos, con una temperatura base de 13.3°C y una máxima de 34°C a 1,387 unidades calor acumuladas (Legaspi y Legaspi Jr, 2007), **se estima que la palomilla del nopal puede llegar a desarrollar hasta 3 generaciones al año en las zonas ubicadas en las costas oriental y occidental del país y en la Península de Yucatán (Figura 7)** Con una probabilidad de establecimiento alta debido a la similitud climática con el hábitat natural (Soberon *et al.*, 2001).

Por otro lado, en el centro, sur, norte y noroeste del territorio nacional, principalmente en Baja California Sur, Sonora, Coahuila, norte de Nuevo León, oeste de Tamaulipas, este de Chihuahua, oeste de Durango, centro de Jalisco, centro y sur de Oaxaca, centro de Chiapas, centro de San Luis Potosí, este de Guerrero, y pequeñas porciones de Nayarit, Zacatecas, Michoacán, estado de México, Puebla, Hidalgo, Guanajuato, Veracruz y Campeche, existen las condiciones favorables para que **en caso de que se introduzca y se establezca, tendría 2 generaciones.**

Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

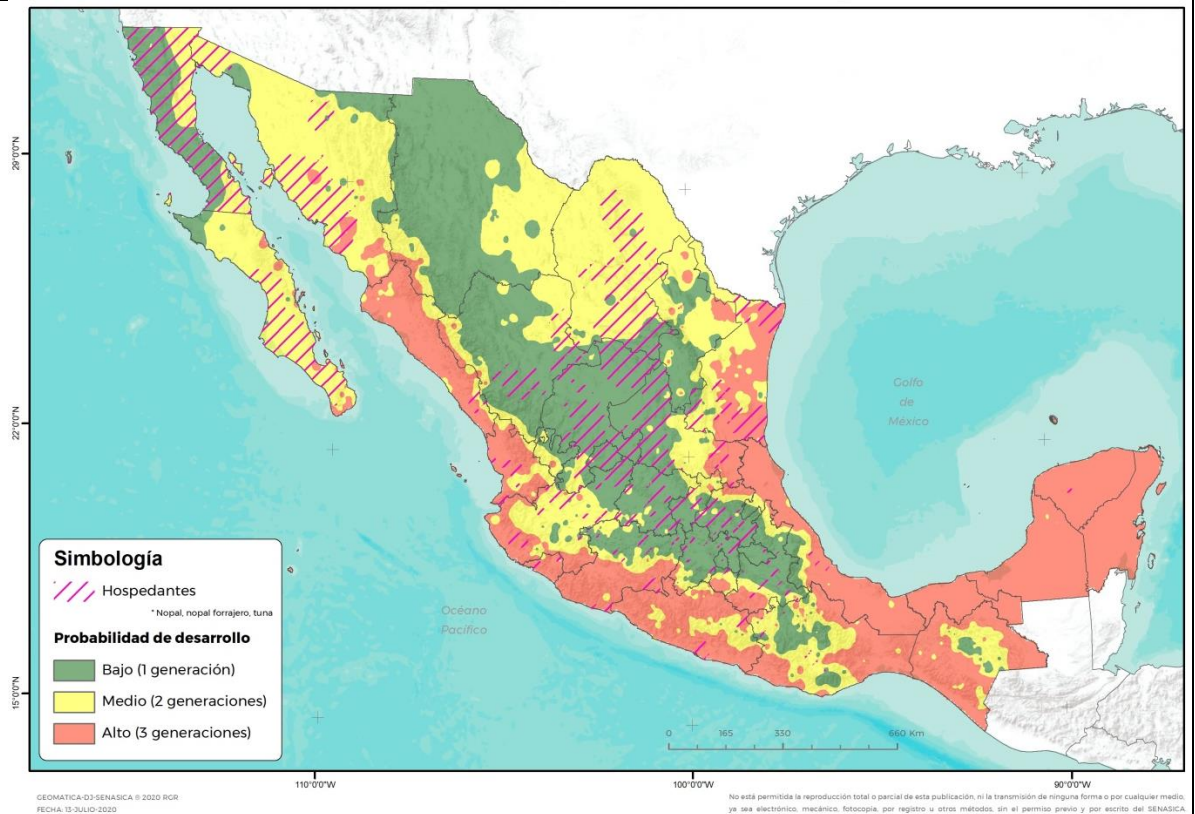


Figura 7. Distribución de las condiciones climáticas potenciales y hospedantes principales para el establecimiento de *C. cactorum* en caso de su introducción.

Finalmente en el noroeste, norte, centro y sur del país, específicamente en el centro, oeste, noroeste y suroeste de Baja California, noroeste de Baja California Sur, pequeñas regiones de Sonora, casi la totalidad de Chihuahua, Durango, Zacatecas, Guanajuato, Aguascalientes, norte de San Luis Potosí, norte, centro y este de Jalisco, norte y este de Michoacán, oeste y centro de Querétaro, Estado de México (a excepción del suroeste), Ciudad de México, Tlaxcala, centro y sur de Hidalgo, norte, centro y sur de Puebla, centro occidente y sur de Oaxaca, centro de Chiapas y pequeñas zonas de Tamaulipas y Coahuila presentarían 1 generación (Figura 7 y Cuadro 7).

Cuadro 7. Superficie sembrada que se vería afectada por la probabilidad de desarrollo de la plaga en caso de introducirse.

| Probabilidad de desarrollo | Superficie sembrada (Km ²) |
|----------------------------|--|
| Baja (1 generación) | 806,245 |
| Media (2 generaciones) | 891,128 |
| Alta (3 generaciones) | 683,266 |

En relación a la incidencia de los ciclones tropicales sobre la probable dispersión de la plaga y considerando la información emitida por el NHC (National Hurricane Center) respecto a la trayectoria de los ciclones tropicales en el océano Atlántico,

Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

se realizó un análisis histórico que comprende del 2008 al 2018, para observar esta incidencia en México, así como la dirección del viento en el mismo período.

En la Figura 8 se puede observar que la incidencia de ciclones tropicales en el Océano Atlántico que presentó mayor distribución fue la incidencia “Media” que se extiende en gran parte de la porción de México a excepción de Veracruz, Tabasco, norte de Chiapas, Campeche y Quintana Roo en donde la incidencia es “Alta”. Puede observarse cómo la incidencia es “Muy Alta” en las zonas de corteza oceánica, ya que el impacto en la corteza continental dependerá de la velocidad con la que los ciclones se desplacen hacia el continente, en donde después de tocar tierra pierden fuerza y se desintegran.

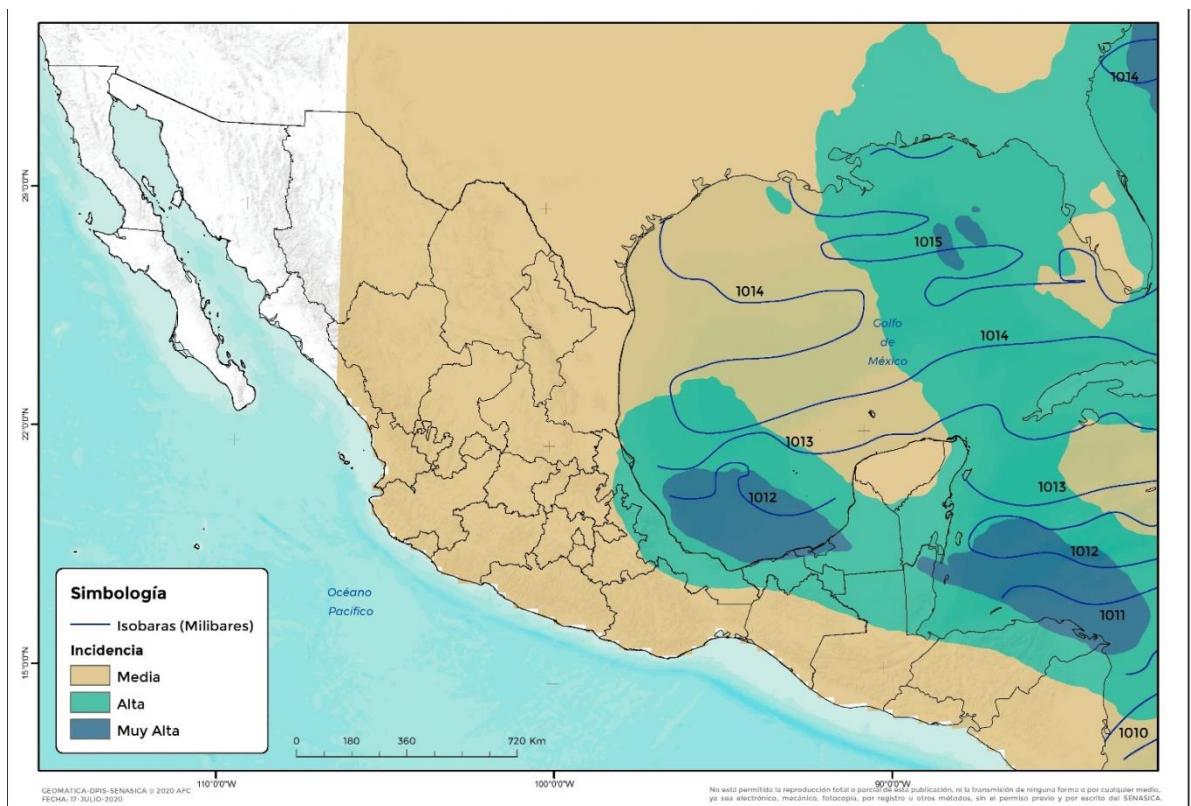


Figura 8. Incidencia de los ciclones tropicales en el Golfo de México y Océano Atlántico (2008-2018).

Así mismo, pueden observarse las isobaras (líneas de igual presión) consideradas de 2008-2018 en el Océano Atlántico. Las presiones observadas rondan los 1015 a 1010 milibares y son consideradas altas presiones. Cabe mencionar que las zonas de baja presión son uno de los factores principales para la formación de ciclones tropicales, sin embargo, estas no se aprecian debido a que la formación de estos fenómenos se presentan y modifican en una escala de días, aumentando nuevamente la presión.

En la Figura 9 se observa que en el período de análisis hubo presencia de todas las direcciones del viento, siendo muy dispersas en el territorio nacional. No obstante, la dirección del viento del sureste predominó en la mayor parte del norte, oeste y

Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

noreste del país, además del sureste de Estados Unidos; los vientos con dirección este se observaron en el centro, este, sur, sureste y una porción del noreste de México; los del noreste se presentaron en el este y sur del territorio nacional; los vientos dirección sur en el sur y este de Estados Unidos y en una región del noroeste de México. Los vientos del oeste, y suroeste se observaron en el noroeste de México y el suroeste de Estados Unidos. Por último, los vientos con dirección noroeste solo se observan en la Península de Baja California y en el sur del país (noreste de Oaxaca, sur de Veracruz y oeste de Chiapas).

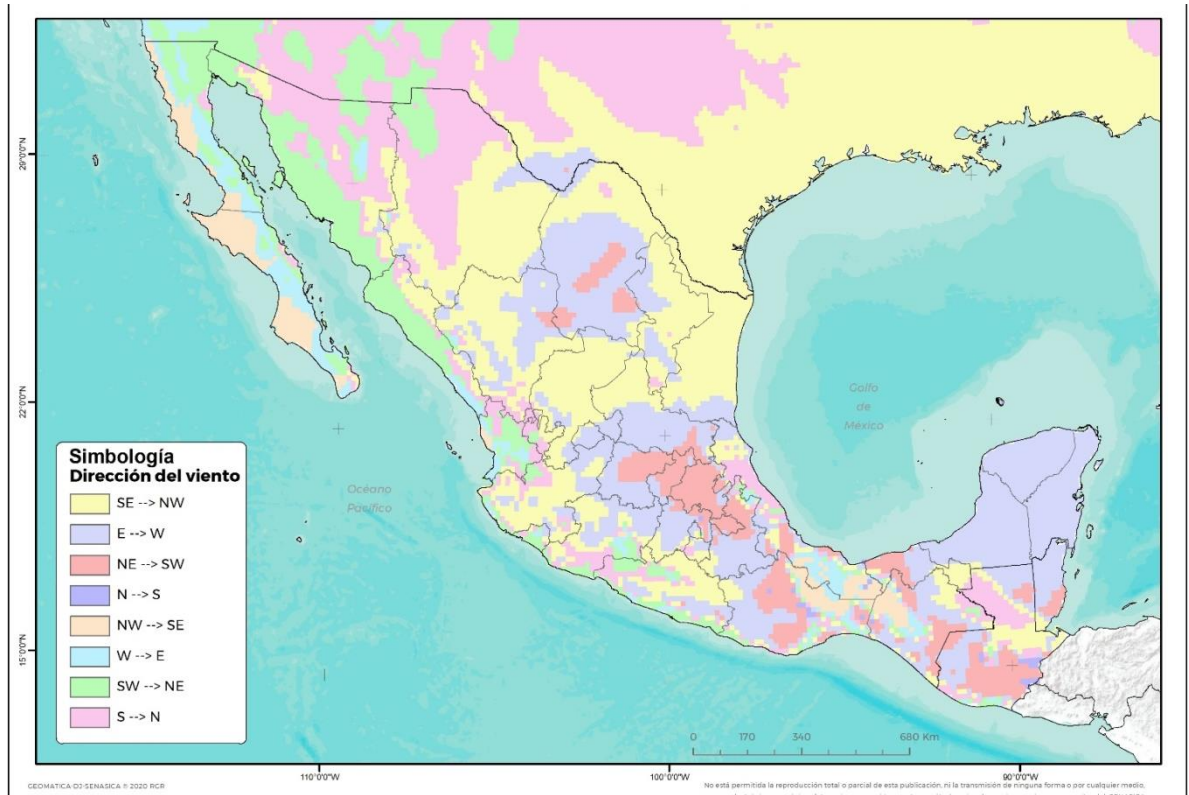


Figura 9. Dirección del viento para el periodo 2008-2018.

Acciones Fitosanitarias en Estados Unidos de América

La introducción de especies de cactáceas procedentes de Hawái, Puerto Rico, e Islas Vírgenes de los Estados Unidos, están prohibidas o restringidas bajo la Regla 7 CFR, parte 318 en Estados Unidos, para evitar la propagación de la palomilla del nopal a estados con ausencia del insecto. Además, todas las especies de cactus importadas a los Estados Unidos para propagación deberán presentar el certificado fitosanitario correspondiente y deberán inspeccionarse en la estación de inspección del APHIS, USDA con fundamento en la CFR 7, parte 319. Asimismo, cualquier material vegetal propagativo infestado con la palomilla del nopal, debe rechazarse a su lugar de origen, tratado o destruido (APHIS-USDA, 2008).

Por otra parte, científicos del Centro de Entomología Médica, Agrícola y Veterinaria del USDA en Tallahassee (Florida) y la Unidad de Investigación de Protección y Manejo de Cultivos en Tifton (Georgia), mencionan en sus estudios que la mejor



Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

trampa para atraer machos es la trampa estándar para insectos sin ala, cebada, sin pintar, con cuatro hembras recién emergidas, y colocada a una altura de 2 metros (Bloem, *et al.*, 2005). Indican también que la **Técnica del Insecto Estéril** (SIT, por sus siglas en inglés) es un método efectivo para el control de la palomilla del nopal, sugieren que una relación de 5:1 elimina la plaga, incluso señalan que si se liberan individuos de ambos sexos y de forma simultánea el control es más efectivo (Hight *et al.* 2005).

Impacto económico a nivel mundial

C. cactorum amenaza los paisajes nativos y las industrias agrícolas, existe una gran preocupación por la posible propagación hacia el oeste de los Estados Unidos y México, donde podría amenazar a más de 80 especies nativas de *Opuntia* y los recursos económicos que proporcionan, alimentos, medicamentos y forraje de emergencia (Simonson *et al.*, 2005).

Investigaciones realizados en 2001 y 2004 mostraron el valor agrícola del nopal en los Estados Unidos, principalmente en Arizona y California, con más de \$ 31 millones de dólares por año. Del mismo modo, un estudio de 2002 calculó el valor del cultivo en México en más de \$ 50 millones dólares por año. En Florida, la palomilla del nopal ha causado un daño considerable a seis especies de nopales vulnerables (Garrett, 2004), tres de los cuales están clasificadas por el estado como en peligro o amenazadas. En otros lugares, el 75% de las plantas de nopal han sido atacadas por esta plaga (Johnson y Stiling 1998, Baker y Stiling 2009).

Las consecuencias económicas por la pérdida de Opuntias, se reflejarían más en México, donde el nopal proporciona alimento a las personas y al ganado. Habría menores pérdidas económicas potenciales en los E. U.A., las pérdidas principalmente incluyen ingresos reducidos por ecoturismo al perder biodiversidad en Opuntias.

En 2006 se implementó un programa cooperativo estadounidense-mexicano (Floyd, 2006), coordinado a través de un acuerdo entre SAGARPA / USDA e implementado por la Organización de Protección Fitosanitaria de América del Norte (NAPPO). En el cual México proporcionó fondos (al menos \$ 1.4 millones de dólares durante varios años) y personal para apoyar los esfuerzos dentro de los EE. UU., con el objetivo de monitorear y reprimir a las poblaciones de palomilla del nopal. A medida que su presupuesto disminuyó después de 2010, APHIS detuvo su programa de gestión regional en los Estados Unidos (Mengoni Confalons *et al.*, 2014) y se enfocó a un programa de biocontrol, prohibiendo el movimiento de plantas provenientes de viveros ubicados en condados infestados.

En el siguiente cuadro se enlista los principales países productores de nopal, siendo México el que ocupa la mayor superficie de hectáreas sembradas con propósitos agrícolas.

**Impacto
económico**



Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

Cuadro 8. Principales países productor de nopal
(Tuna, Nopal Forrajero y Nopal Verdura)

| Tuna | | Nopal Forrajero | | Nopal verdura | | | | |
|-------------|-----------|-----------------|---|---------------|---------|---|--------|--------|
| (hectáreas) | | | | | | | | |
| 1 | México | 45,733 | 1 | Brasil | 500,000 | 1 | México | 12,799 |
| 2 | Italia | 2,500 | 2 | Sudáfrica | 350,000 | 2 | EUA | 100 |
| 3 | Sudáfrica | 1,500 | 3 | Túnez | 75,000 | 3 | Chile | 934 |
| 4 | Chile | 1,000 | 4 | México | 17,267 | | | |
| 5 | Colombia | 300 | | | | | | |
| 6 | Israel | 300 | | | | | | |
| 7 | EUA | 200 | | | | | | |

Fuente: Elaborado con documento de la FAO, 2018 y SIAP, 2020.

Otro producto derivado del nopal con importancia mundial, es la grana cochinilla, siendo los principales productores: Perú, Bolivia, Chile, España (Islas Canarias), Sudáfrica, Argentina y México.

Impacto económico en México

La palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*) es una plaga erradicada en México, que de reemerger implica un peligro, por el hecho de que el país alberga la mayor diversidad de especies de *Opuntia* en el mundo, principal hospedero. Además, estas representan una parte significativa de la economía agrícola nacional, por eso, el riesgo de que llegue sugiere una amenaza factible e importante, que puede causar pérdidas económicas en cultivos hospederos como el nopal (tuna, forraje y nopalitos o nopal verdura) cultivo altamente apreciado por su valor económico, ecológico, social y cultural; el cual, no solo sirve para alimento de miles de mexicanos, sino que también es utilizado como alimento de ganado y para la industria, en la cura de varias enfermedades, así como en la elaboración de cosméticos. (Soberón *et al.*, 2001).

En el siguiente cuadro se cuantifican los riesgos y pérdidas económicas, sociales y ecológicas de introducirse la palomilla del nopal en México, con base al ciclo agrícola 2019.



Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

Cuadro 9. Cuantificación de riesgos y pérdidas de introducirse la palomilla del nopal en México

| Afectaciones | |
|---|---------------|
| Concepto | Cantidad |
| Volumen de producción de nopal 2019 (ton) | 1,527,631 |
| Valor de la producción 2019 (MDP) | 4,033 |
| Exportaciones de nopal verdura y tuna 2018 (MDD) | 19 |
| Afectación a padrón de productores de nopal (personas) | 50,000 |
| Empleos generados por jornales en la cosecha (personas) | 3,822,500 |
| Afectación territorial (estados) | 27 |
| Inversión del productor | |
| Establecimiento de plantación nacional (MDP) | 9,850 |
| Mantenimiento anual de la plantación nacional (MDP) | 3,926 |
| Servicio de captura de carbono | |
| Valor del carbono almacenado en las poblaciones de nopales en México (MDP). | 163 |
| Pérdidas del 75% | |
| Establecimiento de plantación nacional (MDP) | 7,388 |
| Mantenimiento anual de la plantación nacional (MDP) | 2,945 |
| Valor del carbono almacenado en las poblaciones de nopales en México (MDP)* | 122.25 |
| Total de pérdidas monetarias (MDP) | 10,454 |

Fuente: Elaborada con datos de SIAP (2019), SENASICA (2018), CONABIO (2018), Sistema Producto Nopal Tuna, (2018)

Nota: Bonos por la captura de carbono en 900,00 ha de nopal silvestres y 75,799 ha de nopal de cultivo.

De acuerdo con datos del SIAP, en el ciclo agrícola 2019, se contabilizaron 75,799 ha de superficie sembrada, con una producción de 1, 527,631 toneladas y un valor de 4,033 millones de pesos. De la producción total de nopal, el 58% corresponde a nopal verdura, el 31% a tuna y el 11% a nopal forrajero (Ver Cuadro 10).

Del nopal verdura el 85% se consume en fresco, el 8% se usa en la industria y el 7% para exportaciones (SENASICA, 2018).

Cuadro 10. Producción nacional de nopal (tunero, forrajero y nopal verdura).

| Año | Sup. Sembrada (ha) | Volumen (ton) | Valor (millones de pesos) |
|------|--------------------|---------------|---------------------------|
| 2015 | 77,068 | 1,388,164 | 3,078 |
| 2016 | 77,592 | 1,453,894 | 3,505 |
| 2017 | 77,879 | 1,496,332 | 3,303 |
| 2018 | 76,384 | 1,502,316 | 3,549 |
| 2019 | 75,799 | 1,527,631 | 4,033 |

Fuente: Elaborada con dato de SIAP, 2020

En 2019, el nopal se cultivó en 27 entidades de la República Mexicana, 6% bajo riego y 94% de temporal, a través de un padrón estimado en 50,000 productores. Las principales entidades federativas donde se produce nopal son: Morelos con el 26% del volumen nacional, seguido de Estado de México (18%) y Ciudad de México (15%). Ver Gráfica 3.

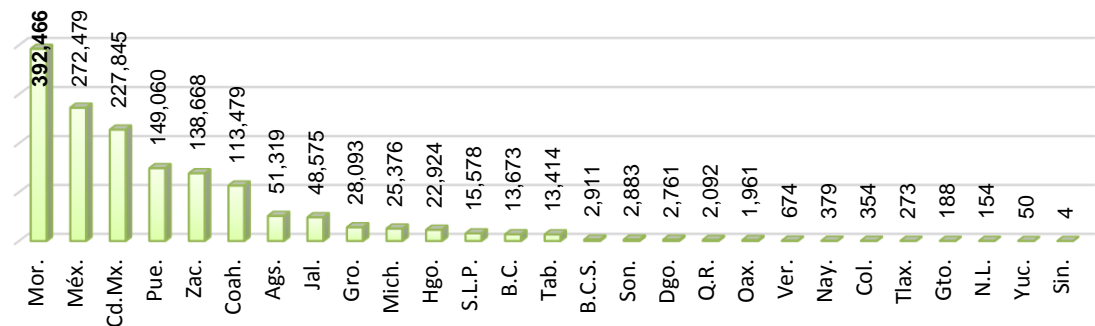
De forma específica el nopal verdura se siembra en los 27 estados, principalmente en Morelos con el 32%, Ciudad de México (19%) y Estado de México (8). Mientras

Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

que la tuna, se sembró solo en 16 entidades, principalmente Estado de México (35%), Zacatecas (26%) y Puebla (12%). Por último, el nopal forrajero se cultivó solo en tres entidades: Coahuila (90.2%), Zacatecas (4.9%) y Aguascalientes (4.9%).

Existen dos productos que se derivan del nopal y que generan ingresos a sus productores, la grana cochinilla y el xoconostle, pero no existen estadísticas de su producción. Sin embargo, se tiene conocimiento que la grana cochinilla se produce en los estados de Oaxaca, Jalisco, San Luis Potosí, Zacatecas, Puebla, México, Hidalgo y Morelos, en orden de importancia; y el xoconostle principalmente se cultiva en el Estado de México.

Gráfica 3. Producción nacional de nopal por entidad, 2019 (toneladas).



Fuente: Elaborada con datos de SIAP, 2020.

En cuanto a la exportación de nopal y sus derivados existe escasa información referente, debido a la inexistencia de la fracción arancelaria. Sin embargo, existen evidencia del Sistema Producto Nopal Tuna, que en 2018 se exportaron un estimado de 50 mil toneladas de nopal verdura a 25 países, entre los más importantes estuvieron: EUA, Bélgica, Corea del Sur y Canadá; en menor medida se vende en los mercados de Centroamérica y Sudamérica, así como en algunos países asiáticos; generando divisas por 16 millones de dólares para los agricultores. Para nopal tunero, México exporta tunas a 18 países, principalmente a Estados Unidos, Canadá, Japón y Australia; con valía aproximada de 3 millones de dólares.

El SENASICA, a través de actividades de campañas y vigilancia epidemiológica fitosanitaria, ha dado soporte, ya que del año 2002 al 2018 se invirtieron recursos federales por 114 millones de pesos para el combate de la plaga (SENASICA, 2018). Ver Cuadro 11.

Cuadro 11. Presupuesto federal asignado a combatir la Palomilla del Nopal

| Concepto | Inversión Federal |
|--|--------------------|
| Campaña Preventiva contra la Palomilla del Nopal, 2002-2005 | 15,867,837 |
| Campaña para Controlar la Palomilla del Nopal, 2006-2009 | 33,453,088 |
| Programa de Vigilancia Epidemiológica de la Palomilla del Nopal, 2010-2018 | 65,084,324 |
| Total | 114,405,249 |

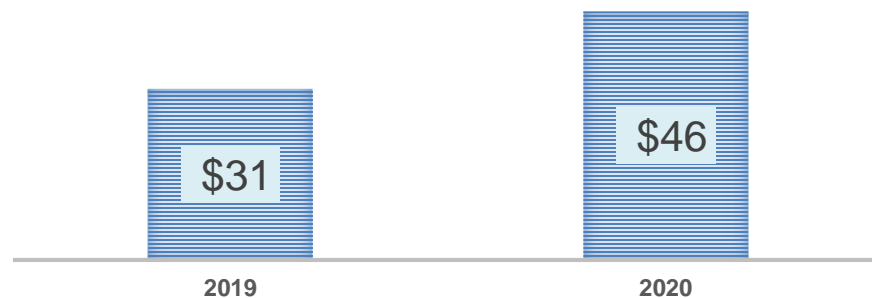
Fuente: Elaborada con documento de SENASICA, 2018.

Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

De acuerdo con la NIMF No. 6 Vigilancia, en México, desde 2010 se han implementado actividades de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria para la detección temprana y oportuna de la palomilla del nopal, a través de puntos de vigilancia en los cultivos de nopal, que hasta 2018 sumó una inversión federal por 65 millones de pesos (SAGARPA-SENASICA-PVEF, 2018).

Para los años 2019 y 2020 se asignó una inversión federal estimada en 77 millones de pesos en VEF, donde se incluye presupuesto para actividades de vigilancia en palomilla del nopal en las entidades federativas requeridas (el monto específico no se tiene desagregado para estos años). Ver Gráfica 4.

Gráfica 4. Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (millones de pesos).



Fuente: Elaborado con bases presupuestales de SENASICA para los años mencionados.

Conclusiones y/o Recomendaciones:

- Derivado del avistamiento de *Cactoblastis cactorum* Berg en algunos condados del estado de Texas, E.U.A. el riesgo de introducción de la plaga es alto ya sea por eventos climáticos periódicos, corredores biológicos o por la cercanía geográfica en los estados fronterizos de México, como el estado de Tamaulipas por ejemplo, donde existe alta probabilidad de establecimiento (desarrollo óptimo del insecto y disponibilidad de hospedantes). Por lo que se sugiere:
 - ✓ Fortalecer las actividades de inspección, verificación, vigilancia, validación y certificación fitosanitaria turística y comercial a través de los principales puntos fronterizos de ingreso al país (OISAs).
 - ✓ Establecer acuerdos de colaboración con instituciones del país (SEMARNAT, CONABIO, CONANP, CONAFOR, INIFAP, Universidades e Instituciones de Investigación, entre otras) para que a través del monitoreo poblacional pueda detectarse y en consecuencia reportar la presencia de la plaga en áreas naturales o de investigación donde el SENASICA no tiene competencia.
- El modelado de corredores biológicos para *C. cactorum* en México, dio como resultado que dichos corredores atraviesan el territorio de 56 municipios del Estado de Tamaulipas, 18 municipios del Estado de Nuevo León 7 municipios del Estado de Coahuila, 5 municipios del Estado de Veracruz y 2 municipios del Estado de San Luis Potosí en la región norte. Mientras que en la región sur del país son 91 municipios de Yucatán, 16 de Tabasco, 11 de Campeche, 7 de Chiapas y 7 de Quintana Roo, por lo que se sugiere la valoración del fortalecimiento de las estrategias operativas en las entidades identificadas.
- Asimismo, considerar y valorar el fortalecimiento de las actividades de vigilancia en la frontera sur del país (Península de Yucatán) debido a la probabilidad de



Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

introducción de la plaga considerando el estatus de la plaga en los países del Caribe (Cuba, Haití y República Dominicana).

- En este contexto, se sugiere capacitación constante al personal técnico de inspección fitosanitaria ubicado en los puntos de ingreso al país para la correcta identificación de las diferentes etapas de desarrollo de la plaga, así como en las principales características de los daños ocasionados a los hospedantes con el objetivo de minimizar el riesgo de introducción.
- Respecto a las actividades de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (VEF) deben mantenerse y de ser posible incrementar las áreas de trampeo, particularmente aquellas con mayor riesgo de establecimiento en función de las condiciones ambientales propicias para el desarrollo biológico de la plaga y la disponibilidad de hospedantes.
- El análisis climático desarrollado permitió identificar que **las áreas potenciales de mayor riesgo fitosanitario con nivel "alto", son las costas oriental y occidental del país y en la Península de Yucatán**; también se identificaron las regiones con nivel "Medio" y nivel "Bajo".
- La introducción de la palomilla del nopal en áreas productoras del cultivo en México sería devastador y es muy probable que la propagación de la plaga, genere además, daños ecológicos, sociales y económicos importantes.
- Implementación de simulacros fitosanitarios para el fortalecimiento de las acciones de detección oportuna en coordinación con diversas instituciones gubernamentales (SENASICA, CESAVERs, SEMARNAT, CONANP, CONAFOR, CONABIO) y de investigación (UNAM, COLPOS, entre otros).
- Las pérdidas monetarias para México, en caso de un eventual ingreso de *C. cactorum* al territorio serían significativas, por la importancia económica de Opuntias, principal hospedero, y se estiman en 10,454 millones de pesos, al afectar en un 75% a las plantaciones de nopal, lo que incluye las inversiones del productor por el establecimiento de 75,799 hectáreas de nopal y bonos por captura de carbono de 975,799 hectáreas de nopal silvestre y nopal cultivo.
- Se conciben riesgos en el valor de la producción agrícola del nopal, con valía aproximada de 4,033; asimismo, en las exportaciones de nopal verdura y tuna, los cuales generan aproximadamente 19 millones de dólares en divisas anuales.
- En cuanto a impactos sociales se afectaría a 50 mil productores de nopal, de 27 entidades federativas, que generan 3.8 millones de jornales al año en el país.



Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

Referencias

- APHIS-USDA., Environmental Assessment 2008.** Quarantine for the South American Cactus Moth, *Cactoblastis cactorum*, in Florida, South Carolina, Georgia, Alabama, and Mississippi. Página de consulta https://www.aphis.usda.gov/plant_health/ea/downloads/cactoblastis-ea-multistate.pdf Fecha de consulta: julio 2020.
- Bloem, S., Hight, S., Carpenter, J y Bloem, K., 2005.** Desarrollo de la trampa más efectiva para monitorear la expansión geográfica de la polilla del cactus *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) (Enviado a: Entomólogo de Florida) http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ_NO_115=173010 Fecha de consulta julio 2020
- Burleigh, D. 2020.** Pest Alert: Cactus Moth spotted in Texas. The Orange Leader. <https://www.orangeleader.com/2020/06/13/pest-alert-cactus-moth-spotted-in-texas/>
- CABI, 2020.** Datasheet. *Cactoblastis cactorum* (cactus moth). Crop Protection Compendium. Global Module. CAB International. UK. En línea: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/10680>. Fecha de consulta: julio de 2020.
- Center for Environmental and Research Information Systems (CERIS)/USDA. 2020.** Purdue University. "Survey Status of Cactus moth - *Cactoblastis cactorum* (2018)." Published: 07/07/2020. Retrieved from <http://pest.ceris.purdue.edu/map.php?code=ITBMDOA&year=2018>. Consulta en línea: <https://pest.ceris.purdue.edu/map.php?code=ITBMDOA#>. Fecha de consulta: julio de 2020.
- CONABIO. 2002.** Ficha Técnica. *Catoblastis cactorum*: Consulta en línea: <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/08%20Gu%C3%ADas%20de%20s%C3%ADntomas%20y%20da%C3%B1os/Gu%C3%ADas%20de%20s%C3%ADntomas%20y%20da%C3%B1os/Ficha%20Cactoblastis%20cactorum%2002.pdf>. Fecha de consulta: julio de 2020.
- Dodd, A.P. 1940.** The biological campaign against prickly pear. Commonwealth Prickly Pear Board, Brisbane. Pp. 177.
- Durán-García, R. y M. E. Méndez-González. 2010.** Cactáceas. Pp. 191-192. En: Durán R. y M. Méndez (Eds.). Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA: 496 pp.
- EPPO, 2020.** EPPO Global Database. *Cactoblastis cactorum* (CACTCA). En línea: <https://gd.eppo.int/taxon/CACTCA>. Fecha de consulta: julio de 2020.
- Feoli Boraschi, S. 2009.** Corredores biológicos: una estrategia de conservación en el manejo de cuencas hidrográficas. Kurú: Revista Forestal.
- Floyd, Joel 2006.** Reporte de las actividades realizadas durante octubre 2006 en el proyecto de *C. cactorum*. USDA-APHIS-PPQ-EDP, Riverdale, MD. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/cactoblastis/doctos/OCTUBRE2006CactoReporte.pdf>
- Florida Department of Agriculture and Consumer Service. 2003.** What are Nopalitos? The Florida AgriJournal 11 (6): January 6.
- Garrett, L. 2004.** White Paper: Economic impact from the spread of *Cactoblastis cactorum* in the United States. Draft report to USDA APHIS PPQ. April, 2004. 9pp.



Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

- Habeck, DH y Bennett, FD. 1990.** *Cactoblastis cactorum* Berg (Lepidoptera: Pyralidae), una fita nueva en Florida. Fla. Departamento Agric. & Consumer Services, División de Industria de Plantas.
- Hight, S., Carpenter, J., Bloem, S y Bloem, K., 2005.** Desarrollo de un programa de liberación de insectos estériles para *Cactoblastis cactorum* (BERG.) (Lepidoptera: Pyralidae): raciones efectivas de sobreinundación y estudios de campo de liberación-recaptura (Enviado a: Entomología Ambiental) http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ_NO_115=170145 Fecha de consulta: julio 2020.
- Hight, SD y Carpenter, JE 2009.** Fenología de vuelo de *Cactoblastis cactorum* macho (Lepidoptera: Pyralidae) en diferentes latitudes en el sureste de los Estados Unidos. *Entomólogo de Florida*, 92 (2), 208-216.
- Inglese, Paolo; Saenz, Caramen; Mondragon, Candelario; Nefzaoui, Ali y Louhaichi, Mounir 2018.** Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal. FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i7628es/i7628ES.pdf>
- IPPC. 2019.** Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias (NIMF) 8 Determinación de la situación de una plaga en un área. Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (IPPC). Consulta en línea: <https://www.ippc.int/es/publications/612/>. Fecha de consulta: julio de 2020.
- Irish, M. 2001.** The ornamental prickly pear industry in the southwestern United States. *Florida Entomologist* 84(4): 484-485.
- Johnson, DM y Stiling, PD. 1996.** Especificidad del huésped de *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae), una polilla exótica que se alimenta de *Opuntia*, en Florida. *Entomología ambiental*, 25 (4), 743-748.
- Johnson, DM y PD Stiling 1998.** Distribución y dispersión de *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae), una polilla exótica que se alimenta de *Opuntia* en Florida. *Florida Entomol.* 81: 12-21
- Lawrence, G. 2020.** South American cactus moth, *Cactoblastis cactorum*, is now out of the box in Texas. [Actualización de estado de Facebook]. Recuperado de <https://www.facebook.com/lawrence.e.gilbert.7/posts/10219173640029553>.
- Legaspi, J. C., y Legaspi Jr, B. C., 2007.** Life table analysis for *Cactoblastis cactorum* immatures and female adults under five constant temperatures: implications for pest management. *Annals of the Entomological Society of America*, 100(4), 497-505.
- Luna, M. 2020, Exportan** nopal fresnillense a China. Disponible en: <https://www.inforural.com.mx/exportan-nopal-fresnillense-a-china/>
- Mann, J. 1969.** Cactus-feeding insects and mites. *Smithsonian Institution Bulletin* 256, Washington D.D. 1-158.
- Mc Fadayen, 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.
- Mengoni Goñalons, C., L. Varone, G. Logarzo, M. Guala, M. Rodrigo, SD Hight y JE Carpenter 2014.** Rango geográfico y estudios de laboratorio sobre *Apanteles opuntiarum* (himenópteros: braconidae) en AR, un candidato para BC de *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) en América del Norte. *Florida Entomologist* 97 (4) Diciembre 2014.



Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

- Moran, V.C. y H.G. Zimmermann. 1984.** The biological control of cactus weeds: Achievements and prospects. Biocontrol News Information 5: 297-320.
- Petty, 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.
- Pérez, M & Golubov, J. 2009.** La palomilla del nopal *Cactoblastis cactorum*: Una seria amenaza económica y ecológica para el noreste de México. VII Simposio-Taller "Producción y Aprovechamiento del Nopal en el Noreste de México. Nuevo León, México. 15 p.
- PNUD México (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2019.** Impacto económico potencial en ecosistemas forestales de México, así como un estudio costo-beneficio del control de cinco especies exóticas invasoras: *Euwallacea* sp., *Xyleborus glabratus*, *Cactoblastis cactorum*, *Agrilus planipennis* y *Lymantria dispar*. Proyecto 00089333 - FSP - "Fortalecimiento de Capacidades para el Manejo de Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI". Valera, V., Esquivel, M.
- Quinn, M. 2020.** Cactus Moth has been spreading on the Upper Texas Coast since July 2017. Texas County Records for the Cactus Moth as of Feb. 2020. Texas Entomology. <http://texasento.net/Cactoblastis.html>.
- Rakowitz, L. 1997.** The significance of prickly pear on south Texas rangelands. Rangelands 19 (6) 15-17.
- Rodriguez, O.R. 2003.** Law aimed at protecting U.S. food supply takes effect; some exporters fear delays. Business News December 12.
- SAGARPA 2015.** Estudio de factibilidad para el establecimiento de cultivo de nopal (opuntia) en tierras ociosas en los estados de Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato y Zacatecas con fines alimenticios, energéticos y ambientales. Folleto 211PP062. Disponible en línea: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346982/Nopal_Detallado.pdf
- Salisbury, S. 2003.** Florida Agriculture Officials Hope Mexican Nopalitos Take Root among Consumers. The Palm Beach Post February 24.
- SENASICA. 2019.** Palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum* Berg). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal - Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Cd. de México. Ficha Técnica No. 11. 15 p. <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Palomilla%20del%20nopal.pdf> Fecha de consulta: octubre 2020
- SENASICA 2018.** Vigilancia Epidemiológica Palomilla del Nopal (*Cactoblastis cactorum*). [Diapositivas de PowerPoint]. Recuperado 10 Julio, 2020, de <http://sinavef.senasica.gob.mx/Eventos/Content/Multimedia/1.%20Vigilancia%20epidemiol%C3%B3gica%20de%20palomilla%20del%20nopal.pdf>
- SENASICA 2019.** Palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*). Aviso público de riesgo y situación actual.
- SENASICA. 2020.** Módulo de consulta de requisitos fitosanitarios para la importación de mercancía vegetal. Consulta en línea: <https://sistemasssl.senasica.gob.mx/mcrfi/> Fecha de consulta: julio de 2020.
- SIAP. 2020.** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Consulta en línea: <https://www.gob.mx/sader>. Fecha de consulta: julio de 2020.



Análisis Estratégico de Riesgos Sanitarios

Simonson, Sara E.; T.J. Stohlgren; L. Tyler; W.P. Gregg; R. Muir y J.G. Lynn. 2005. Preliminary assessment of the potential impacts and risks of the invasive cactus moth, *Cactoblastis cactorum* Berg, in the U.S. and Mexico. Final Report to the International Atomic Energy Agency, April 25, 2005. IAEA. Consulta en línea: <http://www-naweb.iaea.org/nafa/ipc/public/ipc-cactoblastis-final05.pdf>. Fecha de consulta: julio de 2020.

Sistema producto nopal tuna 2018. Exportaciones de nopal. Disponible en:

SIRVEF. 2020. Sistema Integral de Referencia para la Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Consulta en línea: <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/> Fecha de consulta: julio de 2020.

Sistema Integral de Vigilancia y Control Fitosanitario Forestal (SIVICOFF). 2020. Contingencias Fitosanitarias Forestales. Consulta en línea: <http://sivicoff.cnf.gob.mx/frmContingenciasOperativas.aspx>. Fecha de consulta: julio de 2020.

Soberon, J., J. Gubolov y J. Sarukhan. 2001. The importance of *Opuntia* in Mexico and routes of invasion and impact of *Cactoblastis cactorum* Lepidoptera: Pyralidae. *Florida Entomologist* 84(4):486-492.

Solis MA y SD Hight 2004. Taxonomía e identificación de *cactoblastis cactorum*. Actas de la reunión del ARS (Resumen).

Starmer, W.T., V. Aberdeen y M.A. La Chance. 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.

The Texas State University System. Cactus Moth. *Cactoblastis cactorum*. (s/a). Texas Invasive Species Institute. <http://www.tsusinvasives.org/home/database/Cactoblastis-cactorum>.

The University of Texas at Austin. 2020. Texas Invasive Species Program Gets New Boost from Lee and Ramona Bass Foundation. UT News. <https://news.utexas.edu/2019/02/28/texas-invasive-species-program-gets-new-boost-fromlee-and-ramona-bass-foundation/>.

TRADEMAP 2019. Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas Datos comerciales mensuales, trimestrales y anuales. Valores de importación y exportación, volúmenes, tasas de crecimiento, cuotas de mercado, etc. Consulta en línea: <https://www.trademap.org/Index.aspx>. Fecha de consulta: julio del 2020.

U.S. Department of Agriculture. Cactus Moth. (s/a). National Invasive Species Information Center. <https://www.invasivespeciesinfo.gov/profile/cactus-moth>.

Vigueras G, A. L. y L. Portillo 2001. Uses of *Opuntia* species and the potential impact of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) in Mexico. *Florida Entomologist* 84 (4) 493-498.

Wang, X., P. Felker, y A. Paterson. 1998. Environmental influences on cactus pear fruit yield, quality and cold hardiness and development of hybrids with improved cold hardiness. *Journal of Professional Association for Cactus Development* 2: 48-59.

Zimmermann, H., S. Bloem y H. Klein. 2007. *Cactoblastis cactorum*. Biología, historia, amenaza, monitoreo y control de la palomilla del nopal. FAO/IAEA.

Zimmermann, H.G., M. Perez-Sandi y Cuen, J. Golubov, J. Soberón M & J. Sarukhan K. 2000b. *Cactoblastis cactorum*, una nueva plaga de muy alto riesgo para las opuntias de México. *Biodiversitas* 33: 2-13.