



REVISTA INCLUSIONES

AGRICULTURA Y FITOSANIDAD EN MÉXICO

Revista de Humanidades y Ciencias Sociales

Volumen 9 . Número Especial

Enero / Marzo

2022

ISSN 0719-4706

Editores:

Carlos Contreras Servín

María Guadalupe Galindo Mendoza

CUERPO DIRECTIVO

Director

Dr. Juan Guillermo Mansilla Sepúlveda
Universidad Católica de Temuco, Chile

Editor

Alex Véliz Burgos
Obu-Chile, Chile

Editor Científico

Dr. Luiz Alberto David Araujo
Pontificia Universidade Católica de Sao Paulo, Brasil

Editor Brasil

Drdo. Maicon Herverton Lino Ferreira da Silva
Universidade da Pernambuco, Brasil

Editor Ruropa del Este

Dr. Alekzandar Ivanov Katrandhiev
Universidad Suroeste "Neofit Rilski", Bulgaria

Cuerpo Asistente

Traductora: Inglés

Lic. Pauline Corthorn Escudero
Editorial Cuadernos de Sofía, Chile

Portada

Lic. Graciela Pantigoso de Los Santos
Editorial Cuadernos de Sofía, Chile

COMITÉ EDITORIAL

Dra. Carolina Aroca Toloza
Universidad de Chile, Chile

Dr. Jaime Bassa Mercado
Universidad de Valparaíso, Chile

Dra. Heloísa Bellotto
Universidad de Sao Paulo, Brasil

Dra. Nidia Burgos
Universidad Nacional del Sur, Argentina

Mg. María Eugenia Campos
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Francisco José Francisco Carrera
Universidad de Valladolid, España

Mg. Keri González
Universidad Autónoma de la Ciudad de México, México

Dr. Pablo Guadarrama González
Universidad Central de Las Villas, Cuba

Mg. Amelia Herrera Lavanchy
Universidad de La Serena, Chile

Mg. Cecilia Jofré Muñoz
Universidad San Sebastián, Chile

Mg. Mario Lagomarsino Montoya
Universidad Adventista de Chile, Chile

Dr. Claudio Llanos Reyes
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

Dr. Werner Mackenbach
Universidad de Potsdam, Alemania
Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Mg. Rocío del Pilar Martínez Marín
Universidad de Santander, Colombia

Ph. D. Natalia Milanesio
Universidad de Houston, Estados Unidos

Dra. Patricia Virginia Moggia Münchmeyer
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

Ph. D. Maritza Montero
Universidad Central de Venezuela, Venezuela

Dra. Eleonora Pencheva
Universidad Suroeste Neofit Rilski, Bulgaria

Dra. Rosa María Regueiro Ferreira
Universidad de La Coruña, España

Mg. David Ruete Zúñiga
Universidad Nacional Andrés Bello, Chile

Dr. Andrés Saavedra Barahona
Universidad San Clemente de Ojrid de Sofía, Bulgaria

Dr. Efraín Sánchez Cabra
Academia Colombiana de Historia, Colombia

Dra. Mirka Seitz
Universidad del Salvador, Argentina

Ph. D. Stefan Todorov Kapralov
South West University, Bulgaria

COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL

Comité Científico Internacional de Honor

Dr. Adolfo A. Abadía

Universidad ICESI, Colombia

Dr. Carlos Antonio Aguirre Rojas

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Martino Contu

Universidad de Sassari, Italia

Dr. Luiz Alberto David Araujo

Pontificia Universidad Católica de Sao Paulo, Brasil

Dra. Patricia Brogna

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Horacio Capel Sáez

Universidad de Barcelona, España

Dr. Javier Carreón Guillén

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Lancelot Cowie

Universidad West Indies, Trinidad y Tobago

Dra. Isabel Cruz Ovalle de Amenabar

Universidad de Los Andes, Chile

Dr. Rodolfo Cruz Vadillo

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México

Dr. Adolfo Omar Cueto

Universidad Nacional de Cuyo, Argentina

Dr. Miguel Ángel de Marco

Universidad de Buenos Aires, Argentina

Dra. Emma de Ramón Acevedo

Universidad de Chile, Chile

Dr. Gerardo Echeita Sarrionandía

Universidad Autónoma de Madrid, España

Dr. Antonio Hermosa Andújar

Universidad de Sevilla, España

Dra. Patricia Galeana

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dra. Manuela Garau

Centro Studi Sea, Italia

Dr. Carlo Ginzburg Ginzburg

Scuola Normale Superiore de Pisa, Italia

Universidad de California Los Ángeles, Estados Unidos

Dr. Francisco Luis Girardo Gutiérrez

Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia

José Manuel González Freire

Universidad de Colima, México

Dra. Antonia Heredia Herrera

Universidad Internacional de Andalucía, España

Dr. Eduardo Gomes Onofre

Universidade Estadual da Paraíba, Brasil

Dr. Miguel León-Portilla

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Miguel Ángel Mateo Saura

Instituto de Estudios Albacetenses "Don Juan Manuel", España

Dr. Carlos Tulio da Silva Medeiros

Diálogos em MERCOSUR, Brasil

+ Dr. Álvaro Márquez-Fernández

Universidad del Zulia, Venezuela

Dr. Oscar Ortega Arango

Universidad Autónoma de Yucatán, México

Dr. Antonio-Carlos Pereira Menaut

Universidad Santiago de Compostela, España

Dr. José Sergio Puig Espinosa

Dilemas Contemporáneos, México

Dra. Francesca Randazzo

Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Honduras

Dra. Yolando Ricardo

Universidad de La Habana, Cuba

Dr. Manuel Alves da Rocha

Universidade Católica de Angola Angola

Mg. Arnaldo Rodríguez Espinoza

Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica

Dr. Miguel Rojas Mix

*Coordinador la Cumbre de Rectores Universidades
Estatales América Latina y el Caribe*

Dr. Luis Alberto Romero

CONICET / Universidad de Buenos Aires, Argentina

Dra. Maura de la Caridad Salabarría Roig

Dilemas Contemporáneos, México

Dr. Adalberto Santana Hernández

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Juan Antonio Seda

Universidad de Buenos Aires, Argentina

Dr. Saulo Cesar Paulino e Silva

Universidad de Sao Paulo, Brasil

Dr. Miguel Ángel Verdugo Alonso

Universidad de Salamanca, España

Dr. Josep Vives Rego

Universidad de Barcelona, España

Dr. Eugenio Raúl Zaffaroni

Universidad de Buenos Aires, Argentina

Dra. Blanca Estela Zardel Jacobo

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Comité Científico Internacional

Mg. Paola Aceituno

Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile

Ph. D. María José Aguilar Idañez

Universidad Castilla-La Mancha, España

Dra. Elian Araujo

Universidad de Mackenzie, Brasil

Mg. Romyana Atanasova Popova

Universidad Suroeste Neofit Rilski, Bulgaria

Dra. Ana Bénard da Costa

Instituto Universitario de Lisboa, Portugal

Centro de Estudios Africanos, Portugal

Dra. Alina Bestard Revilla

*Universidad de Ciencias de la Cultura Física y el Deporte,
Cuba*

Dra. Noemí Brenta

Universidad de Buenos Aires, Argentina

Ph. D. Juan R. Coca

Universidad de Valladolid, España

Dr. Antonio Colomer Vialdel

Universidad Politécnica de Valencia, España

Dr. Christian Daniel Cwik

Universidad de Colonia, Alemania

Dr. Eric de Léséulec

INS HEA, Francia

Dr. Andrés Di Masso Tarditti

Universidad de Barcelona, España

Ph. D. Mauricio Dimant

Universidad Hebrea de Jerusalén, Israel

Dr. Jorge Enrique Elías Caro

Universidad de Magdalena, Colombia

Dra. Claudia Lorena Fonseca

Universidad Federal de Pelotas, Brasil

Dra. Ada Gallegos Ruiz Conejo

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

Dra. Carmen González y González de Mesa

Universidad de Oviedo, España

Ph. D. Valentin Kitanov

Universidad Suroeste Neofit Rilski, Bulgaria

Mg. Luis Oporto Ordóñez

Universidad Mayor San Andrés, Bolivia

Dr. Patricio Quiroga

Universidad de Valparaíso, Chile

Dr. Gino Ríos Patio

Universidad de San Martín de Porres, Perú

Dr. Carlos Manuel Rodríguez Arrechavaleta

Universidad Iberoamericana Ciudad de México, México

Dra. Vivian Romeu

Universidad Iberoamericana Ciudad de México, México

Dra. María Laura Salinas

Universidad Nacional del Nordeste, Argentina

**REVISTA
INCLUSIONES** M.R.
REVISTA DE HUMANIDADES
Y CIENCIAS SOCIALES

Dr. Stefano Santasilia
Universidad della Calabria, Italia

Mg. Silvia Laura Vargas López
Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México

Dra. Jaqueline Vassallo
Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

**CUADERNOS DE SOFÍA
EDITORIAL**

Dr. Evandro Viera Ouriques
Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil

Dra. María Luisa Zagalaz Sánchez
Universidad de Jaén, España

Dra. Maja Zawierzeniec
Universidad Wszechnica Polska, Polonia

Indización, Repositorios y Bases de Datos Académicas

Revista Inclusiones, se encuentra indizada en:





REX



UNIVERSITY OF SASKATCHEWAN



Universidad de Concepción



BIBLIOTECA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN



ORES



uOttawa

Bibliothèque Library



**IMPACTO GEOESPACIAL DE ESPECIES INVASORAS EN LA AGRICULTURA MEXICANA:
LA PRÓXIMA AMENAZA A LA SEGURIDAD ALIMENTARIA**

**GEOESPATIAL IMPACT OF INVASIVE SPECIES ON MEXICAN AGRICULTURE: THE NEXT
THREAT TO FOOD SECURITY**

Dra. María Guadalupe Galindo Mendoza

Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Coordinadora del LaNGIF, México

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8775-512>

ggm@uaslp.mx

Fecha de Recepción: 30 de octubre de 2021 – **Fecha Revisión:** 25 de noviembre de 2021
Fecha de Aceptación: 10 de diciembre de 2021 – **Fecha de Publicación:** 01 de enero de 2022

Resumen

A lo largo de la historia, el movimiento y la dispersión de forma natural de especies entre diferentes regiones, constituye un componente integral dentro de la dinámica poblacional de las mismas. Sin embargo, este fenómeno ha aumentado en los últimos 150 años, debido a que los seres humanos aumentamos la capacidad de mover grandes volúmenes de alimentos y de personas, como consecuencia del comercio y la globalización. Como resultado de lo anterior, el impacto fitosanitario hacia las regiones y agrosistemas ha sido muy fuerte, ocasionando entre otros efectos: la disminución de biodiversidad, pérdidas económicas, así como el cierre de fronteras a mercancías agroalimentarias que ponen en peligro la seguridad alimentaria. En este contexto, en los últimos 20 años han ingresado al territorio mexicano más de 31 plagas y enfermedades, mismas que han impactado 12 sistemas-producto estratégicos, entre ellos, cítricos (limón y naranja, sobre todo), caña de azúcar, oleaginosas, aguacate, jitomate, papa, cítricos uva, papaya, plátano y hortalizas como tomate rojo. Esto significa un enorme costo financiero para el Estado mexicano, debido a que estas 31 plagas tienen la capacidad de reducir entre el 20% y el 100 % la producción de alimentos de acuerdo a los registros que se tienen en los países de origen de estas plagas. Para el caso de México, el mayor impacto se refleja en los productores de subsistencia, quienes no tienen los recursos para enfrentar este problema; además, dichas plagas impactan directa o indirectamente sobre alrededor de 4,920,361 unidades de producción, mismas que representan un valor anual de U\$D 17 326 173 de dólares. Dentro de este panorama, la geografía a través de estudios de análisis espacio temporal y la caracterización del paisaje epidemiológico, nos permiten conocer los parámetros y variables que propician la introducción, dispersión y difusión de plagas y enfermedades invasoras, contribuyendo con esto a la mitigación del impacto ambiental y el costo económico.

Palabras Claves

Riesgo fitosanitario – Especies devastadoras – Agricultura mexicana

Abstract

Throughout history, the natural movement and dispersal of species between different regions constitutes an integral component within their population dynamics. However, this phenomenon has increased in the last 150 years, as human beings increase the capacity to move large volumes of food and people, as a result of trade and globalization. As a result of the above, the phytosanitary impact on the regions and agrosystems has been very strong, causing among other effects: the decrease in biodiversity, economic losses, as well as the closing of borders to agri-food goods that

Impacto geoespacial de especies invasoras en la agricultura mexicana: la próxima amenaza a la seguridad alimentaria pág. 128

endanger food security. In this context, in the last 20 years, more than 31 pests and diseases have entered Mexican territory, which have impacted 12 strategic product systems, including citrus (especially lemon and orange), sugar cane, oilseeds, avocado, tomato, potato, grape citrus, papaya, banana and vegetables such as red tomato. This means an enormous financial cost for the Mexican State, because these 31 pests have the capacity to reduce food production between 20% and 100% according to the records that are kept in the countries of origin of these pests. In the case of Mexico, the greatest impact is reflected in subsistence producers, who do not have the resources to face this problem; Furthermore, these pests directly or indirectly impact around 4,920,361 production units, which represent an annual value of US \$ 17,326,173. Within this panorama, geography, through spatio-temporal analysis studies and the characterization of the epidemiological landscape, allow us to know the parameters and variables that favor the introduction, dispersal and spread of invasive pests and diseases, thereby contributing to the mitigation of the environmental impact and economic cost.

Keywords

Phytosanitary risk – Devastating species – Mexican agriculture

Para Citar este Artículo:

Galindo Mendoza, María Guadalupe. Impacto geoespacial de especies invasoras en la agricultura mexicana: la próxima amenaza a la seguridad alimentaria. Revista Inclusiones Vol: 9 num Esp (2022): 127-151.

Licencia Creative Commons Attribution Non-Comercial 3.0 Unported
(CC BY-NC 3.0)

Licencia Internacional



Antecedentes

Somos 7 mil millones de habitantes en el mundo y para el año 2050 la población alcanzará los 9.1 mil millones. La producción de alimentos deberá aumentar el 70% a nivel mundial y 100% en los países en vías en desarrollo, si se desea alimentar adecuadamente a la población. Esto en sí mismo es un desafío. Hacerlo de forma sostenible y con un impacto mínimo sobre la biodiversidad es otro. Aproximadamente el 40% de toda la producción mundial de cultivos agrícolas se pierde o destruye por insectos, enfermedades (hongos, virus y bacterias) y malezas; adicionalmente enfrentamos problemas fitosanitarios postcosecha que destruyen en un 20% nuestros alimentos¹. El costo económico anual a nivel mundial, asociado a las pérdidas y a la erradicación de “plagas y enfermedades invasoras” ronda los 400 mil millones de dólares a nivel global². El impacto de las plagas y enfermedades invasoras y devastadoras es de dos tipos: socioeconómico y ambiental. Plagas combinadas de artrópodos, enfermedades y malezas contribuyen a desnutrición y muerte del 66% de la población mundial. Estas pérdidas se producen a pesar de la aplicación anual de casi 3 millones de toneladas de plaguicidas y alrededor de 3 millones de humanos intoxicados en todo el mundo. Con un estimado de 220,000 muertes por año y alrededor de 750,000 enfermedades crónicas asociadas a estos tóxicos³. Así mismo, las plagas invasoras, constituyen la segunda amenaza a la biodiversidad global, sólo después de la pérdida y fragmentación del hábitat. Se ha demostrado que son las responsables de la extinción del 39% de las especies que han desaparecido en el globo terráqueo desde el año 1600 a la fecha⁴. Actualmente, son más de 3 mil especies de plantas y animales que son transportadas involuntariamente a diario en todo el mundo⁵.

¹ FAO, Los efectos económicos de las plagas y enfermedades transfronterizas de los animales y las plantas en El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Departamento económico social. Parte III. 2001; D. Pimentel y M. Burgess, Environmental and Economic Costs of the Application of Pesticides Primarily in the United States. En: D. Pimentel y R. Peshin (Eds.), Integrated Pest Management. 2014. 47-72 y J. Springer y J. Zaller, Daily Poison. Pesticides Under Estimated Danger. Springer. 2020.

² Silvana Dalmazzone and Sergio Giacarra, Economic drivers of biological invasions: A world wide, bio-geographical analysis in Ecological Economics. ELSEVIER. 105 (2014): 154–165, María Guadalupe Galindo y Carlos Contreras, Introducción y dispersión de *Diaphorina citri* Kuwayama, vector del HLB: una construcción metodológica al protocolo de especies invasoras en la agricultura mexicana. Capítulo 2, en Huanglongbing y el psílido asiático de los cítricos: un acercamiento metodológico multidisciplinario. Tomo II, Colección Sanidad Vegetal, Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. LaNGIF-CIACyT-UASLP-SENASICA-SAGARPA, SLP, México. 2014. 41-78

³ D. Pimentel y M. Burgess, Environmental and Economic Costs of the Application of Pesticides Primarily in the United States. En: D. Pimentel y R. Peshin (Eds.), Integrated Pest Management...; Springer; K. Hart y D. Pimentel, Public health and costs of pesticides. En: D. Pimentel (Ed.), Encyclopedia of Pest Management... y E. Marcel Dekker Richter, Acute human pest iced poisonings. En: D. Pimentel (Ed.), Encyclopedia of Pest Management. 2002. 3-6.

⁴ Robert H. MacArthur, Geographical Ecology. Patterns in the Distribution of species (Oxford: Princeton University Press, 1972). O. K. Mcneely, et. al., A Global strategy on invasive species. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 2001, in collaboration with the Global Invasive Species Programmed, Carlos Granado, Avances en ecología. Hacia un mejor conocimiento de la naturaleza. Sevilla, España. Universidad de Sevilla Serie: Ciencias, num 75 (2007).

⁵ Daniel Simberloff, “A Rising Tide of Species and Literature: A Review of Some Recent Book on Biological Invasions”, Vol: 54 num 3 (2004): 247-254; W. Wilkinson, Pest exclusion advisory 21-2007 (Sacramento: State of California Department of Food and Agriculture, 2007) y Peyton Ferrier, “The economic of agricultural and wild lifes muggling. United States Department of Agriculture”, Economic Research Report, Vol: 81 num 13 (2009): 219–230.

Para hacer frente a este problema, la FAO declara al 2020 cómo el año de la Sanidad Vegetal. Esto brinda una oportunidad para concienciar a la población mundial sobre cómo la protección de la sanidad vegetal puede ayudar a erradicar el hambre, reducir la pobreza, proteger el medio ambiente, así como impulsar el desarrollo económico: “**proteger las plantas, proteger la vida**”⁶. Asimismo, los gobiernos han establecido medidas regulatorias dirigidas a la protección de la salud en sus territorios frente a riesgos contenidos en productos alimenticios y agrícolas. En el caso de la Protección Vegetal y la Sanidad Vegetal, es la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) el único organismo para establecer e implementar Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias (NIMF), en el marco del Acuerdo sobre Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (MSF) de la Organización Mundial del Comercio (OMC), junto con la Organización Mundial para Sanidad Animal (OIE) y la Comisión del Codex Alimentarius (responsable de sistemas de inspección y certificación en la exportación de alimentos, residuos de medicamentos veterinarios y de plaguicidas, entre otros)⁷. La CIPF es un acuerdo fitosanitario internacional que tiene como objetivo proteger recursos vegetales del mundo de la propagación e introducción de plagas. La Convención ha sido depositada en poder al Director General de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) desde su adopción inicial por la Conferencia de la FAO en 1951⁸. Estos organismos internacionales (CIPF-FAO), tienen el propósito de contener las pérdidas de cultivos de una manera económicamente justificada, teniendo en cuenta la salud humana y el medio ambiente, así como la sostenibilidad del sistema agrícola. Su funcionamiento depende de la capacidad de cada país para establecer vínculos y compromisos con otros actores (nacionales y locales) para efectos de poder llevar a cabo de modo conjunto, acciones, proyectos y programas que potencien el desarrollo social, económico y tecnológico del medio o sector en que se apliquen.

Dentro de la evaluación del riesgo de plagas cuarentenarias, se debe determinar la probabilidad de la introducción y propagación de una plaga (o enfermedad) y sus posibles consecuencias económicas. Una “*plaga agrícola puede ser cualquier especie, raza o biotipo vegetal o agente patógeno dañino para las plantas*”⁹. En el análisis de riesgo de plagas (ARP) se evalúa la probabilidad de introducción, dispersión y establecimiento de las plagas y la magnitud de las posibles repercusiones económicas en un área definida, se utilizan datos biológicos u otros datos científicos y económicos¹⁰. La forma de evaluar la probabilidad de entrada, establecimiento y propagación está referida a la Norma Internacional para Medidas Fitosanitarias (NIMF) No. 11 emitida por la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPP) y adoptada y publicada por FAO¹¹, que establece como *probabilidad de la entrada*: organismo que ingresa a una región o país como resultado del comercio de un producto dado. Se distribuirá en un estado viable en el ARP y, posteriormente, será trasladado a un *host* u hospedante o zona agrícola. El ARP se inicia

⁶ FAO-CIPF 2020. Año internacional de la Sanidad Vegetal. <https://www.fao.org/3/ca6992es/ca69>

⁷ J. Zadoks, “Fifty years of crop protection, 1950-2000”, NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, Vol: 50 num 2 (2002): 181-193.

⁸ J. Zadoks, “A hundred and more years of plant protection in the Netherlands”, Netherlands Journal Of Plant Pathology num 97 (1991): 3-24.

⁹ FAO, Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias, incluido el análisis de riesgo ambiental y organismos vivos modificados. NIMF No 11. Normas internacionales para medidas fitosanitarias. Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. Roma, 2005; FAO, ISPM 2: Framework for pest risk analysis. International Plant Protection Convention (IPPC), 2016.

¹⁰ FAO, Análisis de riesgo de plagas... y FAO, ISPM 2: Framework...

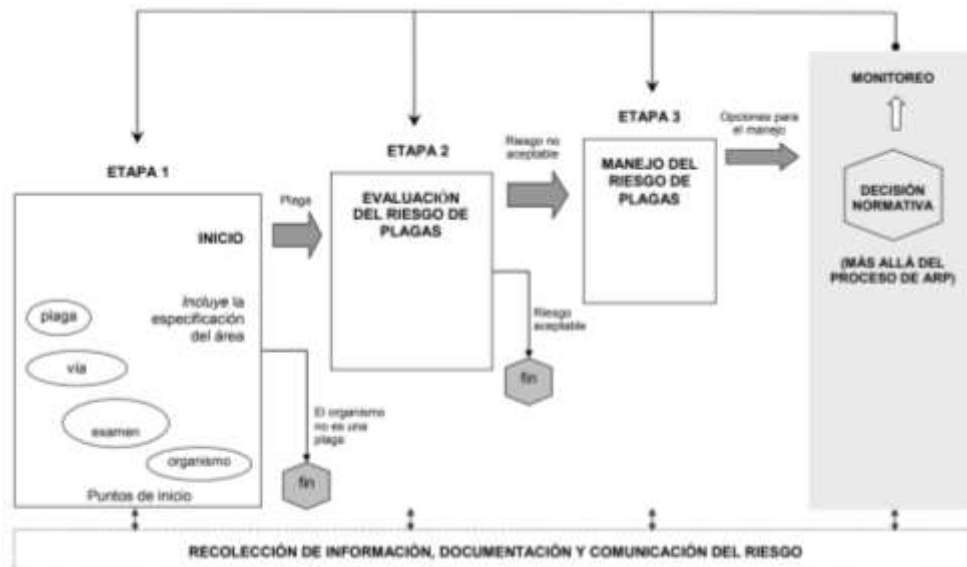
¹¹ FAO, Análisis de riesgo de plagas...

como consecuencia de: a) La identificación de una vía que constituya un peligro potencial de plagas, b) La identificación de una plaga que pueda requerir medidas fitosanitarias y c) El examen o revisión de una política o prioridad fitosanitaria. Para esto se debe contar con un Inventario Nacional de Plagas Reglamentadas (INPR) y un Catálogo Multimedia de plagas reglamentadas (SMPR) de identificación y normativa nacional¹². El ARP consta de tres etapas¹³:

Etapa 1. Inicio. Consiste en la identificación de la plaga o plagas y de las vías que suscitan preocupación por lo que respecta a la cuarentena y que deben tenerse en cuenta en el ARP, en relación con el área identificada. Referidas en el INPR y CPC que contienen la información de las plagas presentes y ausentes de un país.

Etapa 2. Evaluación del riesgo. Comienza con la categorización de las plagas individuales para determinar si se cumplen los criterios para considerarlas como plagas cuarentenarias. La evaluación del riesgo continúa con una valoración de la probabilidad de entrada, establecimiento y dispersión de la plaga y de sus consecuencias económicas potenciales.

Etapa 3. Manejo del riesgo. Consiste en determinar opciones con respecto al manejo para reducir los riesgos identificados en la etapa 2. Esas opciones se evalúan en función de su eficacia, viabilidad y repercusiones con el fin de seleccionar las que son apropiadas.



Fuente: Elaboración propia en base a FAO-CIPP, 2016. Normas Internacionales para medidas Fitosanitarias. NIMF 11. Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias

Figura 1
Análisis de Riesgo de Plagas (ARP)

Una estructura indispensable para la elaboración de los análisis de riesgo es que todo país cuente con un Sistema de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (desde aquí

¹² María Guadalupe Galindo; Carlos Contreras y Cristobal Aldama, La Vigilancia Epidemiológica...

¹³ FAO, ISPM 2: Framework...

VEF¹⁴; ya que da soporte científico a la identificación de los lugares geográficos vulnerables para la introducción de plagas y enfermedades, condicionado por la movilidad comercial, turística y caracterización del ecosistema. También resulta de gran importancia por las implicaciones que tiene en el ámbito internacional la base legal que sustenta las medidas que se derivan de la Vigilancia Fitosanitaria acreditadas por un diagnóstico. La VEF es uno de los aspectos fundamentales en la protección agrícola, y a su vez se hace imprescindible su existencia en el intercambio comercial entre los países como un instrumento valioso para la transparencia en las comercializaciones y para potenciar la capacidad de informar a sus socios comerciales sobre los riesgos de plagas y la detección oportuna de las mismas en los puntos de entrada y en los cultivos. Para dar respuesta a esta demanda en las relaciones comerciales entre los países, se requiere de la existencia de programas de vigilancia, que garanticen la preservación de la sanidad de las plantas que se cultivan para producir alimentos y otro tipo de productos, así como la preservación de las cosechas y de otras plantas útiles a la sociedad. La Vigilancia de Plagas o Vigilancia Fitosanitaria es la que facilita parte de esta atención, y puede definirse como el proceso llevado a cabo por una institución gubernamental oficialmente designada para ello, mediante el cual se recoge y registra información relacionada con la presencia o ausencia de plagas, utilizando metodologías confiables de investigación¹⁵. La VEF, puede definirse también como el procedimiento sistemático y continuo para conocer a tiempo los cambios que se operan en las poblaciones vegetales en un espacio y tiempo determinado y tiene por objetivos: 1) Demostrar la ausencia de una plaga o enfermedad, 2) detectar lo antes posible la presencia de plagas exóticas o emergentes y 3) determinar su presencia o su distribución. Los insectos vectores de enfermedades y vertebrados viajan como polizones dentro de los sistemas de transporte, los más susceptibles y que registran mayor número de especies invasoras por muestreo son los barcos ya que transportar organismos exógenos tanto marinos como terrestres; incluso el suelo es, o ha sido, transportado por una serie de vías humanas asociadas al lastre sólido en los buques y pegados en vehículos y maquinaria, artículos deportivos, ropa y calzado¹⁶.

Estrategia geográfica e infraestructura para la protección de plagas y enfermedades invasoras en México: vigilancia externa

Desde el punto de vista del comercio internacional México, constituye una economía abierta, cuenta con 12 Tratados de libre Comercio con 46 países y con un mercado potencial de 1,479 millones de personas de tres continentes: América, Europa y Asia¹⁷. De

¹⁴ María Guadalupe Galindo; Carlos Contreras y Cristobal Aldama, La Vigilancia Epidemiológica... y María Guadalupe Galindo; Luis Alberto Olvera y Carlos Contreras, Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Caso México. XLII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. 2015. 177-187.

¹⁵ Echegoyén, P. Vigilancia Fitosanitaria, un elemento para la transparencia en el comercio internacional. Temas de Ciencia y tecnología, Vol: 13 num 38 (2009): 39-48; María Guadalupe Galindo; Carlos Contreras y Cristobal Aldama, La Vigilancia Epidemiológica... y María Guadalupe Galindo; Luis Alberto Olvera y Carlos Contreras, Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria...

¹⁶ M. H. Badii y J. Landeros, "Invasión de especies o el tercer jinete de apocalipsis ambiental, una amenaza a la sustentabilidad", Daena: International Journal of Good Conscience Vol: 2 num 1 (2007): 39-53; David Cruz, et. al Convención internacional de protección fitosanitaria. Análisis de riesgo asociado al movimiento marítimo hacia y en el archipiélago de Galápagos. Con la colaboración de: C. Hewitt y M. Campbell, National Centre for the Marine Environment. Fundación Charles Darwin. Dirección Parque Nacional Galápagos. Australia. 2007.

¹⁷ Secretaría de Economía, Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI); Estadísticas anuales de productos agropecuarios. 2020.

1993 a 2001, el crecimiento de la productividad de la agricultura del país fue dos veces superior al resto de la economía; sin embargo, a partir del 2016, México acrecentó su posición y hoy es el 8º productor mundial de alimentos, ocupando el 13º lugar en exportaciones y el 8º lugar en importaciones agrícolas. Nuestro país, es uno de los países con la mayor biodiversidad del mundo. Junto con condiciones climáticas favorables, al igual que un amplio territorio, estos factores lo convierten en productor de una vasta variedad de cultivos con especies agrícolas endémicas, dado que en ella se encuentran genotipos que se pueden adaptar a condiciones climáticas adversas provocadas por el cambio climático e incluso tolerantes a plagas y enfermedades, de aquí la importancia que juega la protección vegetal en nuestro país. El sector agrícola mexicano es uno de los líderes en América Latina. México, es el principal país productor de hortalizas en la región latinoamericana y ocupa la segunda posición en el cultivo de fruta, solo por detrás de Brasil. Las actividades agrícolas también juegan un papel esencial en la economía mexicana, con una participación en el producto interno bruto (PIB) de más del 2% y un flujo constante de inversión extranjera directa (IED), que en 2020 superó los 80 millones de dólares estadounidenses¹⁸. Proteger la agricultura mexicana como sostén agroalimentario y cultural es el objetivo fundamental de la VEF. Como entidad del gobierno responsable en el combate de las plagas en el país es la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) a través del Servicio de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria (SENASICA), liderado particularmente por la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) y con el apoyo de protocolos en laboratorio certificados con base científica en el Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (CNRF), ponen en marcha a partir del 2010, el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Fitosanitaria (SINAVEF) en colaboración con el Laboratorio Nacional de Geoprocesamiento de Información Fitosanitaria (LaNGIF) de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí¹⁹. La base del SINAVEF, lo constituyen el análisis y modelado espacial a través de las geotecnologías con interfase en plataformas de SIG-WEB Inteligente. El principal paradigma: los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Es una potente tecnología integrada para almacenar, manipular, visualizar y analizar datos espaciales que permiten tomar decisiones gubernamentales de forma síncrona fundamental para la planeación estratégica riesgos fitosanitarios a través de los que se ha denominado SIG-WEB inteligente (GIS on-line o GIServices)²⁰. Es sobre esta tecnología donde se realiza la planeación estratégica de la vigilancia epidemiológica tanto interna como externa de la Sanidad Vegetal en México. El suministro activo de información (de diversas fuentes) ha tomado un papel cada vez más importante (tanto espacial y no espacial). Sin embargo, la exploración de información de grandes superficies de espacios es vital y estratégica. Los mapas inteligentes sirven como centro de navegación, indicando la existencia de información relevante para llevar a un lugar específico, relacionando la información multimedia distribuida a una ubicación en un mapa de interés, y la categorización de la información facilita la orientación de los sujetos. La principal ventaja de un portal de información basado en el mapa se encuentra en la presentación de la información intuitiva, la navegación, búsqueda y recuperación.

¹⁸ Secretaría de Economía, Sistema de Información...

¹⁹ María Guadalupe Galindo y Rigoberto González, SIG-WEB inteligente: el caso del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria en México, en Percepción Remota y Ciencias Espaciales, Editores María Guadalupe Galindo Mendoza, Carlos Contreras Servin y Jean Francois Mas Causel. SELPER- UASLP- CIACyT-LaNGIF. 2014. 65-71

²⁰ S. Dragicevic, "The potential of WEB-based GIS", Journal Geographical Systems num 6 (2004): 79-81, Kong Yunfeng, et. al., "A Web-based Geographic Hypermedia System: Data Model, System Design Prototype Applications", Geo-spatial Information Science. Vol: 14 num 4 (2011): 294-302.

El concepto de los mapas es considerado cada vez más como un medio eficaz para comunicar información, ya sea para la difusión, la estructura del contenido o visualización de la información en general²¹. Entre los principales beneficios de la plataforma SIG-WEB son los siguientes: a) Prevención y mitigación del riesgo de establecimiento y dispersión de plagas reglamentadas, b) Apoyo a la determinación y priorización del estatus fitosanitario de plagas reglamentadas y de las amenazas fitosanitarias, no presentes en los cultivos mediante prospecciones espaciales y temporales a nivel nacional c) Generación de mapas fitosanitarios que permite visualizar el estatus fitosanitario de la vigilancia de plagas reglamentadas. Es importante resaltar que las medidas fitosanitarias que no están fundamentadas en estándares internacionales deben técnicamente estar justificadas y basadas en la evidencia científica por medio del análisis de riesgo fitosanitario y geoespacial. Asimismo, la Base de Datos (BD) tanto de entrada como de salida es potencialmente una estructura de datos georreferenciada de OISAS como las listas y catálogos de plagas reglamentadas, que se sustenta bajo los principios fitosanitarios para la protección de las plantas, los cuales están relacionados con el establecimiento, la implementación y el monitoreo de medidas fitosanitarias y con la administración de sistemas fitosanitarios oficiales²². Por lo que los lineamientos que se enmarcan en las Normas Internacionales de Medidas Fitosanitarias (NIMF) de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF), competen a las directrices sobre listas de plagas reglamentadas²³ que determinan la situación de una plaga en un área²⁴ y glosario de términos fitosanitarios²⁵.

México reconoce desde el 2010 a través de su Inventario Nacional de Plagas Reglamentadas (INPR) publicado dentro de la Convención de Protección de las Plantas (CPP-FAO²⁶; de tener que proteger al país de alrededor de 1,360 plagas y enfermedades agrícolas que debe vigilar de forma oficial para que no entren a territorio mexicano, que no están presentes²⁷ (cuadro 1). De los 14 grupos epidemiológicos en vigilancia, los de más alto riesgo fitosanitario (agrícola y ambiental) son los insectos vectores y son las más devastadores, sobre todo cuando se introducen por primera vez a otras regiones geográficas en los cuales no tiene competidores ni controles biológicos²⁸. Los insectos, hongos y virus representan el 50% de la vigilancia (cuadro 1), de los cuales 95 especies devastadoras se han reportado en Asia (de los cuales 65 aún no están presentes en México resultado de la efectividad de la VEF), y en África se reportan 71 virus (35 no se han registrado en México). Las enfermedades agrícolas que podrían ingresar en el corto plazo por movilidad comercial, turística o de migración a México, se priorizan dentro de la estrategia VEF para formalizarlos legalmente tanto en OISAS como en los comités de Sanidad Vegetal (organismo auxiliares) beneficiando a más de 5.8 millones de productores agrícolas de los cuales 15% son de exportación, 35% intermedios y 50% son productores de subsistencia, ya que de no llevarse a cabo estas actividades gubernamentales de

²¹ Ai Sakamoto, "Development and application of a livable environment evaluation support system using WEB GIS", *Journal Geographical Systems* num 6 (2004): 175-195, S. Dragicevic, The potential of WEB-based... y Kong Yunfeng, et. al. A Web-based Geographic...

²² FAO, Directrices en materia... Numeral 2 de la NIMF n.º 1.

²³ FAO, Directrices en materia... NIMF n.º 19.

²⁴ FAO, Directrices en materia... NIMF n.º 8.

²⁵ FAO, Directrices en materia... NIMF n.º 5.

²⁶ LaNGIF-SINAVEF-UASLP, Informe Técnico...

²⁷ LaNGIF-INPR-UASLP, (2010). Inventario Nacional de Plagas Reglamentadas (INPR): Sistema Multimedia de Plagas Reglamentadas, LaNGIF-SINAVEF-UASLP, (2010, 2011, 2012). Informes Técnicos

²⁸ LaNGIF-SINAVEF-UASLP, Informes Técnicos...

protección vegetal serían los más afectados por el impacto económico, cultural y en la seguridad alimentaria, motivos económicos y ambientales que justifican su control²⁹. De aquí que la Organización Mundial Comercio justifica las MSF como estructura del comercio mundial agrícola. Sin embargo, no deben actuar como barreras de proteccionismo comercial, ya que para evitarlo se autoriza a los países a establecer sus propias normas que dependerán del propio estatus fitosanitario (de cada país) y sus reglamentaciones se deben basar en principios científicos.

Grupo epidemiológico	Plagas cuarentenarias no presentes	Plagas cuarentenarias presentes	Plagas de importancia económica	Plagas no cuarentenarias reglamentadas	Total
Ácaros	21	7	1		29
Algas	1				1
Bacterias	79	18	1	4	102
Cromistas	20	5		2	27
Hongos	328	39	4	9	380
Insectos	349	57	23	2	431
Malezas	121	16			137
Mamíferos			3		3
Mollicutes	14	4			18
Moluscos	3				3
Nematodos	31	15			46
Protozoos	2			2	4
Sin grupo	5	1			6
Viroides	7	3	1		11
Virus	129	28		5	162
Total	1110	193	33	24	1360

Fuente: LaNGIF-INPR-UASLP, 2010 y Galindo et. al. 2011

Cuadro 1

Grupo epidemiológico al que pertenecen las plagas reglamentadas consideradas en el Inventario Nacional de Plagas Reglamentada

Son dos programas de protección vegetal estratégicos en el país: el primero se encarga de la vigilancia externa y verifica, vigila, valida, inspecciona y certifica en aduanas y puntos de entrada al país (puertos y aeropuertos) de mercancías agrícolas y no agrícolas denominados Oficinas de Inspección de Sanidad Agropecuaria (OISA) así como puntos de Verificación e Inspección Federal (PVIS)³⁰. El segundo, se encarga de la vigilancia interna y son los denominados Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal (OASV) son organizaciones integradas por productores agrícolas que fungen como auxiliares para la prevención y el combate de plagas que afectan los cultivos, a través de la colaboración en programas fitosanitarios, desarrollo de estrategias, obtención y aplicación de los recursos económicos, intervención en apoyo del agricultor para la gestión de créditos destinados a la protección de los cultivos y para promover la divulgación de los programas³¹, hace

²⁹ FAO, Directrices en materia...; María Guadalupe Galindo; Carlos Contreras y Cristobal Aldama, La Vigilancia Epidemiológica...; OMC, Introducción al Acuerdo de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias, 2014a y OMC, Acuerdo sobre la aplicación de MSF. Acuerdo de Marrakech. Anexo A. 2014b. 79 – 93.

³⁰ SENASICA-DGIF, Base de Datos de OISAS 200-2010.

³¹ SENASICA, Sistema Integral de Referencia para la vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria: Acciones operativas para las plagas bajo vigilancia, 2021ab y SENASICA, Sistema Integral de Referencia para la vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria: Plagas bajo vigilancia epidemiológica fitosanitaria... 2021b.

exploración y muestreo en las zonas comerciales agrícolas, así como traspatios y áreas naturales. Su operación permite elaborar los registros correspondientes para demostrar los estatus fitosanitarios de ausencia o presencia de una plaga; y constituyen el instrumento legal de las Medidas Sanitarias y Fitosanitarias³². La infraestructura del SENASICA para la protección del campo agrícola mexicano a través de la vigilancia fitosanitaria externa en el marco de las MSF se organiza de la siguiente forma (Figura 1): 85 oficinas de inspección de Sanidad Agropecuaria (OISAS); 36 son aeropuertos, 17 puertos y 27 puntos en frontera (21 sobre los 3,420 km. de la frontera norte y 6 puntos cubriendo 1,149 km. de la frontera sur), 10 puertos y 11 aeropuertos que cubren los 7,828 km de franja costera del Pacífico y 8 puertos y 5 aeropuertos dentro de la franja costera del Golfo de México y el Caribe, que cubren 3,289 km., además de contar con 5 cordones fitosanitarios intercontinentales que protegen el paso de mercancías agrícolas de alta seguridad nacional a través de 19 PVIF. Según el Inventario Nacional de Plagas Reglamentadas (INPR, nivel 2 del ARP) el nivel de riesgo fitosanitario para México en los próximos años por plaga exóticas es muy alto en las importaciones y entradas aduaneras, por lo que la alerta máxima se encuentra en las aduanas por donde entran productos de Asia (553 plagas y enfermedades que no están en México), le sigue Norteamérica (508 ausentes), Europa 448 (ausentes), África (385 ausentes), Oceanía (363 ausentes), Sudamérica (337 ausentes), Centroamérica (115 ausentes) el Caribe (162 ausentes)³³. Por cercanía territorial, Norteamérica (Canadá y Estados Unidos de América) concentran el mayor riesgo de introducción de nuevas plagas y enfermedades a México ya que en conjunto se tienen 727 plagas de las cuales 508 no se han reportado en el país (Figura 5), en este caso, EUA es de mayor interés ya porque es una de las mayores economías importadoras de alimentos a nivel mundial, lo que justifica mayor intensidad en la inspección fitosanitaria en la frontera norte de nuestro país. La siguiente región epidemiológica de alto riesgo es el Caribe (296 plagas y enfermedades se distribuyen en esta región y de las cuales 162 no presentes en México), por su dinamismo turístico y porque se sostiene que el embate de huracanes concentrados en la zona ha desplazado 5 plagas y enfermedades documentadas entre ellas Palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*), erradica en México desde 2010³⁴ (Figura 2). Asimismo, se ha demostrado la importancia de los modelos bioecogeográficos y aerobiológicos (como tormentas tropicales y huracanes), no sólo para la dispersión y distribución de plagas y enfermedades, sino la evaluación de su establecimiento en regiones donde no existían. Centroamérica concentra 115 plagas exóticas y el máximo riesgo es el tráfico de turistas y migrantes (legales e ilegales) que cruzan diaria la frontera sur de México.

³² OMC, Introducción al Acuerdo de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias y OMC, Acuerdo sobre la aplicación de MSF, 2014 ab.

³³ LaNGIF-SINAVEF-UASLP, Informe Técnico...

³⁴ LaNGIF-SINAVEF-UASLP, Informe Técnico...

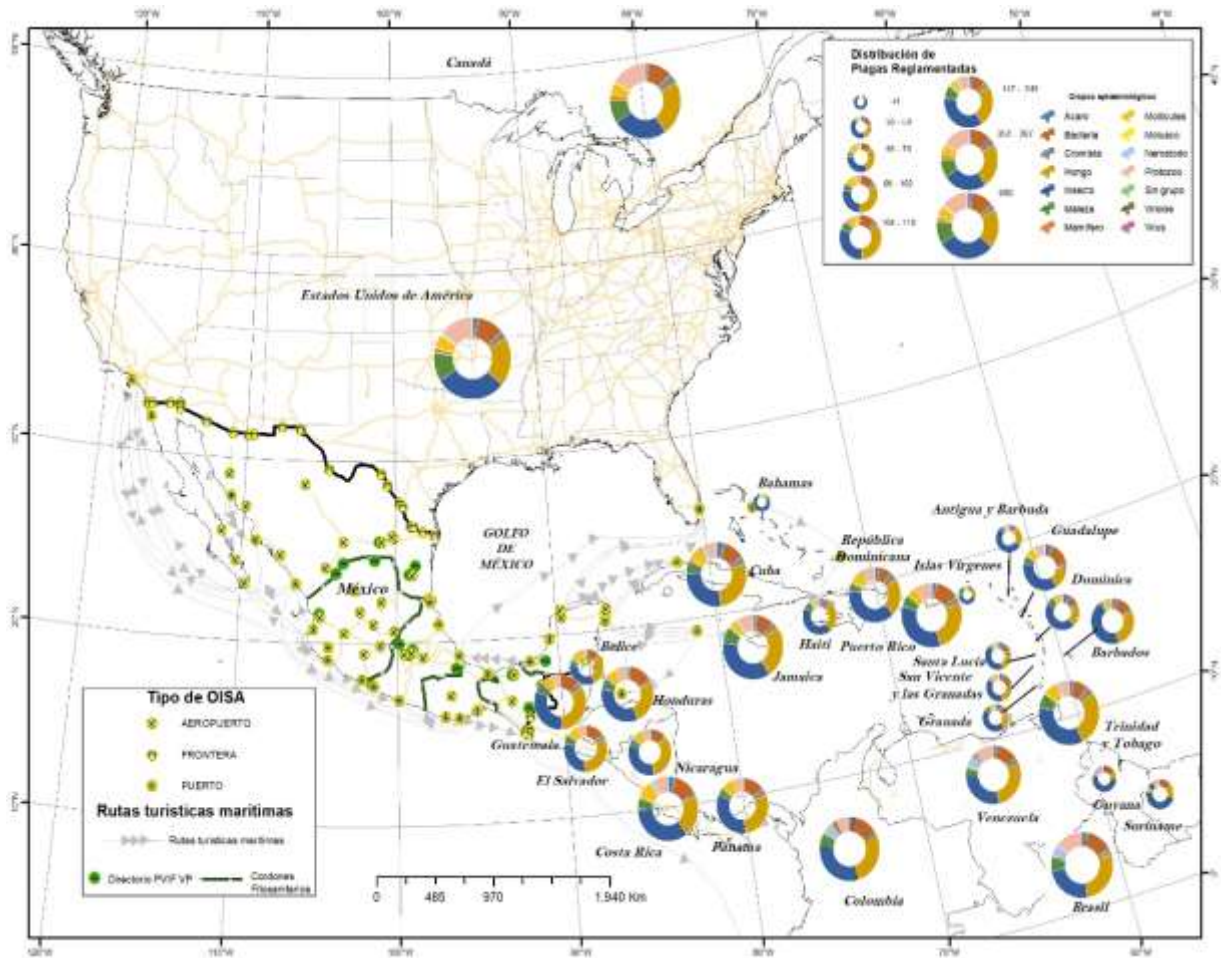
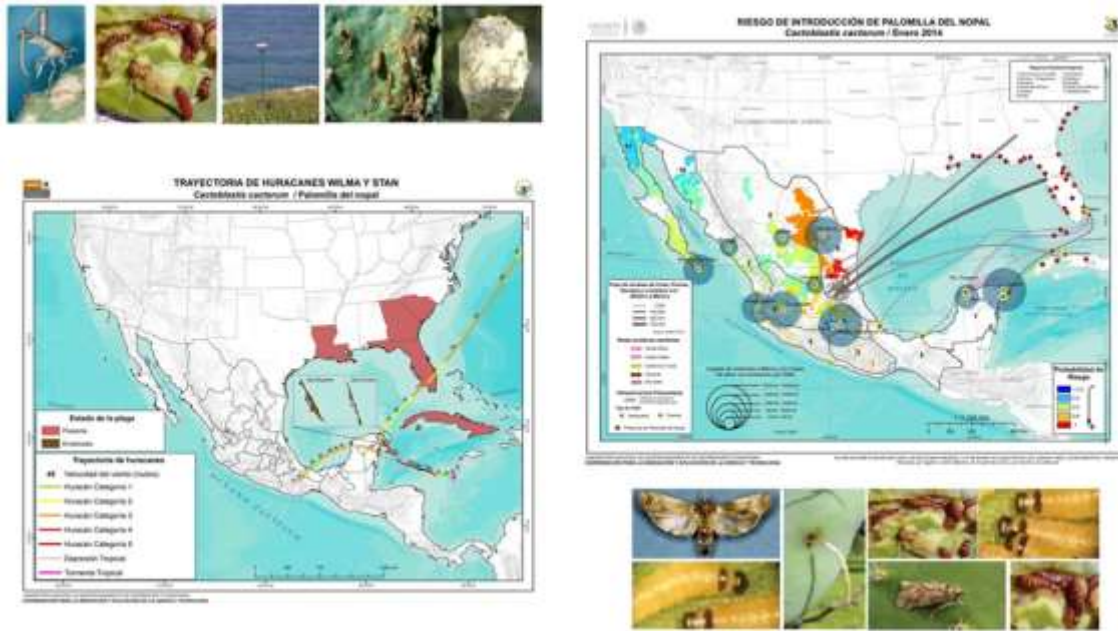


Figura 1
Rutas Potenciales de introducción Plagas y enfermedades ausentes en México según cercanía geográfica e Infraestructura de OISAS y PVI
Fuente: LaNGIF-SINAVEF; 2013 y 2014

Impacto geoespacial de especies invasoras en la agricultura mexicana: la próxima amenaza a la seguridad alimentaria pág. 138



Fuente: LaNGIF-SINAVEF (2013). Atlas multimedia: Introducción de plagas por eventos meteorológicos

Figura 2
Análisis espacio temporal: Riesgo de introducción de Palomilla del Nopal a México 2014

Estas especies pueden estar ingresando por las principales vías de comunicación terrestre y marítima. La supervisión aduanal de entradas y salidas de productos agrícolas en puertos y aeropuertos, así como centrales de autobuses terrestres (incluyendo el tren) son estratégicas y se necesita de infraestructura de conectividad y personal capacitado que garantice dar las alertas y notificaciones en tiempo real, así como llevar a cabo los simulacros fitosanitarios para poder trabajar con los productores de las regiones en riesgo. Dejar entrar nuevas invasiones biológicas cerraría fronteras comerciales a los productos agrícolas mexicanos, así como el impacto de nuestros agroecosistemas. Así se tiene una tipificación geográfica del riesgo fitosanitario: elementos bioecológicos son el principal fenómeno de distribución de plagas y enfermedades agrícolas cercanos a Centroamérica y el Caribe con impacto antrópicos por difusión de migrantes y turismo³⁵. Sin embargo, por movilidad comercial por mercancías agrícolas, el principal riesgo viene de Norteamérica. En una muestra de detecciones positivas de nuevas plagas y enfermedades en OISAS (aduanas y fronteras) por importación de comercio agrícola del 2001 al 2010 se tienen los siguientes resultados (figura 3). Las mercancías agrícolas estadounidenses constituyen el 62% de las mercancías importadas y en dónde se han presentado mayores detecciones de plagas y enfermedades agrícolas ausentes en nuestro país. La mayoría entra por 12 puntos estratégicos y 7 puntos secundarios, entre ellos: Nuevo Laredo, Veracruz, Ciudad Juárez, Piedras Negras, Progreso, Nogales y Coahuila de Zaragoza, Veracruz³⁶. En orden de importancia Canadá, es el segundo socio comercial agrícola del país, los productos ingresan principalmente por los puertos de Manzanillo, Puerto de Veracruz y Lázaro Cárdenas (figura

³⁵ María Guadalupe Galindo; Carlos Contreras y Cristobal Aldama, La Vigilancia Epidemiológica...

³⁶ SIAP, Balanza comercial agrícola por fracción arancelaria y INEGI, Balanza Comercial de Mercancías de México...

3). Asimismo, es fundamental la inspección fitosanitaria (e incluso de incremento de sistemas inteligentes para la detección) del Puerto de Veracruz ya es en esta aduana por donde entran las mercancías agrícolas de Rusia, China, Brasil y Argentina. La mayor parte en detecciones de plagas y enfermedades ausentes en México se realizó en frutales (26.48%), papa (24.30%), uvas (20.25 %), ornamentales (14.64%), chile (2.49%), castañas (2.18%), y el 9% restante sobre productos como cebolla, nuez y semillas³⁷. Asimismo se puede puntualizar lo siguiente: a) Se identificaron 34 especies de plagas y enfermedades ausentes (con 322 registros) y 15 especies de malezas (623 registros) y 41 especies de plagas ya presentes de las cuales se registraron 2,898 detecciones o avistamientos de estas las malezas sobresalen por mucho ya que de las 6 especies presentes en México se tienen 2,091 avistamientos de estas en productos importados (figuras 6 y 7); b) Un incremento de positivos (en aduanas y fronteras) fue entre 2003 a 2006, precisamente en el periodo donde los reajustes por MSF se acordaron dentro del panel de asesores de ministros de los tres países del NAFTA y c) El mayor producto inspeccionado e intersecado en equipajes de turistas es la fruta y las semillas.

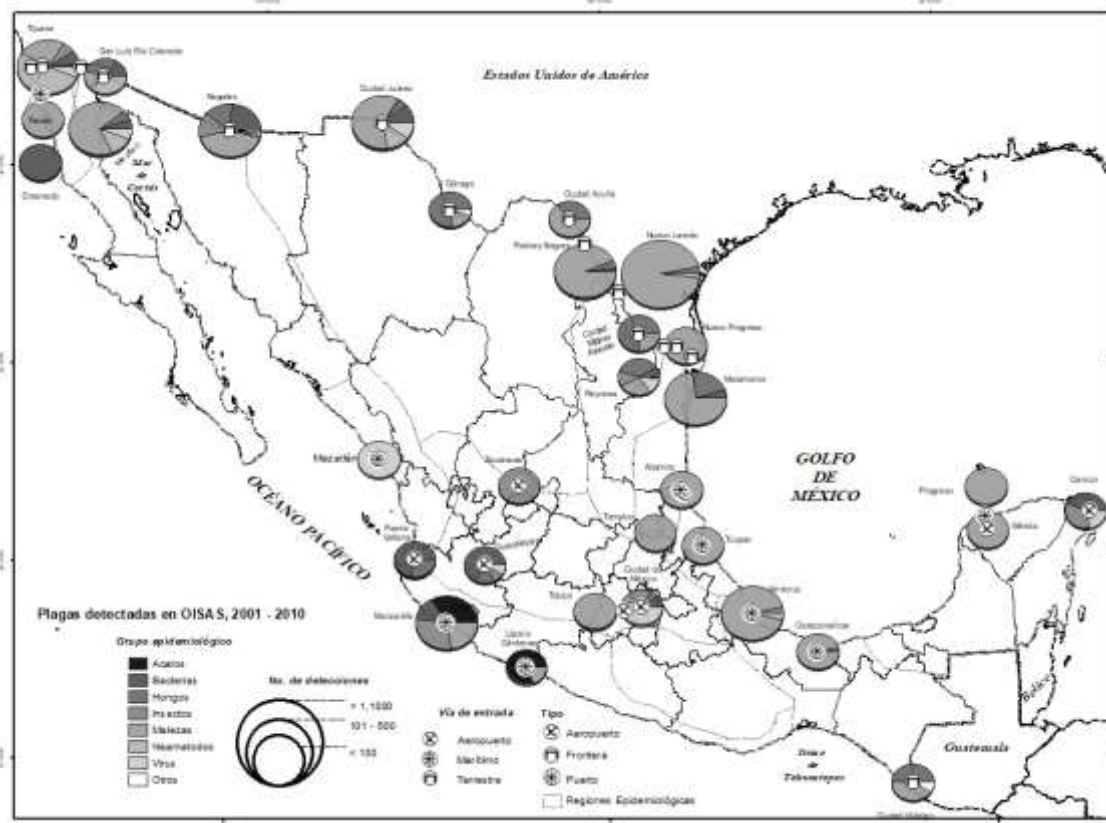
La protección del campo agrícola mexicano a través de los OASV: vigilancia interna

La vigilancia epidemiológica interna nacional y el trabajo directo entre gobierno y productores se hace a través de los Organismo Auxiliares de la Sanidad Vegetal que constan de Comités de Sanidad Vegetal y Juntas locales por estado para la inspección, vigilancia, prevención y combate a plagas y enfermedades que afectan el campo agrícola mexicano. El Programa VEF tiene el enfoque de prevención en la protección de los cultivos para determinar la ocurrencia o ausencia de plagas con la base estratégica de exploración, muestreo y trapeo en campo directamente, llevada a cabo por expertos técnicos que son capacitados por CNRF-SENASICA. Los análisis espacio temporales (AET) son fundamentales para direccionar la estrategia y la planeación geográfica de la ruta en campo. El levantamiento de BD así como el procesado de la información geoespacial, se lleva a cabo en la plataforma SIG WEB del SINAVEF denominada Sistema Coordinado de Plagas Reglamentadas y su Epidemiología (SCOPE)³⁸. Esta tecnología hace un cambio radical de la visión tradicional de la VEF pasiva al entrar de lleno a vigilancia activa por tener información síncrona (en tiempo real) de las actividades fitosanitarias en campo³⁹. Entendemos como Vigilancia Pasiva: aquella en la que el especialista no ejecuta personalmente la acción para obtener la información; ésta se obtiene directamente de los registros ya establecidos (se espera hasta que se presente un brote -por síntomas- o la muerte individual de la planta) para empezar a correr el análisis de riesgo y la alerta epidemiológica.

³⁷ SENASICA-DGIF, Base de Datos de OISAS 200-2010...

³⁸ María Guadalupe Galindo y Rigoberto González, SIG-WEB inteligente: el caso del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria... y LaNGIF-SINAVEF-UASLP, Informe Técnico...

³⁹ María Guadalupe Galindo; Carlos Contreras y Cristobal Aldama, La Vigilancia Epidemiológica... y María Guadalupe Galindo; Luis Alberto Olvera y Carlos Contreras, Sistema Nacional de Vigilancia...



Fuente: SENASICA-DGIF (2010).

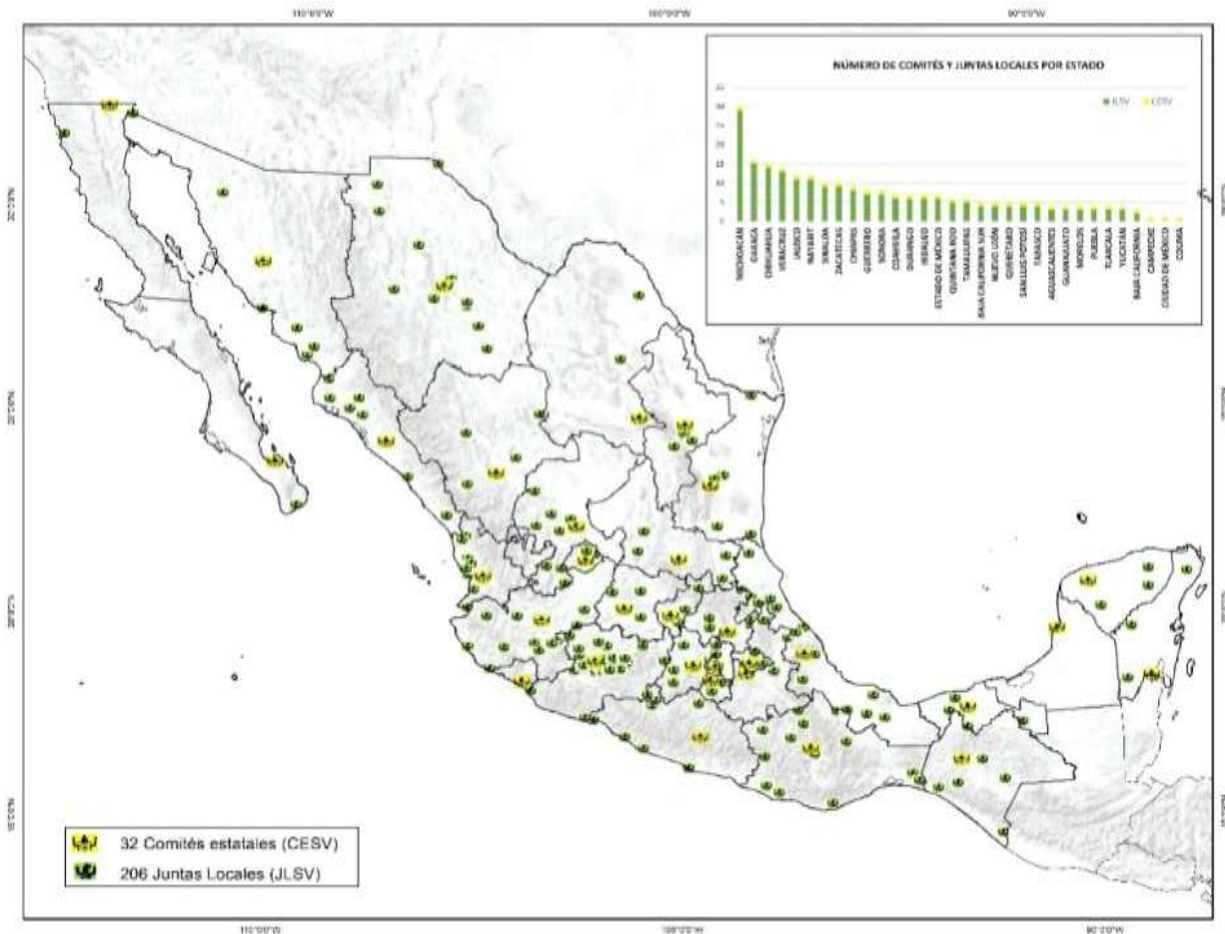
Figura 3
Registro de plagas ausentes detectadas en OISAS durante el 2000-2010

No hay pronóstico o predicción (ni antes ni después) de presentarse el problema fitosanitario. La Vigilancia Activa: Es aquella en la que el especialista ejecuta personalmente la búsqueda (a través de comités o brigadas especializadas, en este caso por los OASV) de la información específica objeto de la vigilancia con protocolos de monitoreo, muestreo, protocolos de campo y de diagnóstico. La vigilancia activa en concreto, cuenta con un sistema inteligente de monitoreo en tiempo cuasi-real apoyados en 400 técnicos en campo distribuidos por todo el país, enviando más de 10,000 datos a la semana a la plataforma denominada. La expansión de Internet con sede en el SIG ha creado nuevas oportunidades de investigación en Información Geográfica, lo que ha mejorado el uso abierto de los SIG en tres direcciones principales: a) acceso espacial y difusión de datos; b) la exploración de datos espaciales y geo-visualization, y c) procesamiento espacial de datos, análisis y modelado -minería de datos⁴⁰. Esto enriqueció el trabajo en campo de los técnicos fitosanitarios ya que sustituyó el GPS tradicional por la tecnología Smartphone, que garantiza la subida de los datos georreferenciados al MapServer. Además de las aplicaciones QR y MyTracks que facilitan el seguimiento de las estrategias de la vigilancia epidemiológica fitosanitaria en México: las rutas de exploración, de trampeo y de vigilancia, así como las parcelas centinelas y el muestreo⁴¹. Su operación permite elaborar los registros correspondientes para demostrar los estatus fitosanitarios de ausencia o presencia de una plaga. El Programa se fundamenta a lo comprometido

⁴⁰ N. Pissinou, "Spatio-Temporal Modeling in video and Multimedia Geographic Information System", Geoinformatica, Vol: 5 num 4 (2001): 345-409.

⁴¹ LaNGIF- SINAVEF -UASLP, Informe Técnico...

por México ante la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria, y al mandatado en la Ley Federal de Sanidad Vegetal, con el fin de informar de la presencia, el brote y la diseminación de plagas, así como de llevar a cabo una “vigilancia de plagas y desarrollar y mantener información adecuada sobre la situación de las plagas para facilitar su clasificación”. El programa tiene por objeto detectar y atender oportunamente los potenciales brotes de plagas reglamentadas, asociándolas a los factores de riesgo que inciden en el patrimonio agrícola del país. La vigilancia epidemiológica interna nacional se apoya de la siguiente infraestructura: 248 organismos auxiliares de sanidad vegetal que concentran 32 comités estatales y 209 juntas locales (figura 4). Se creó el listado interno de protección agrícola nacional más robusto de la historia en el país no sólo para determinación del estatus fitosanitario, sino para la vigilancia de epifocos y alertas fitosanitarias. La implementación de esta tecnología geoespacial, contuvo la entrada de más de 400 nuevas invasiones biológica a nuestro país y limitó y erradico su introducción de 6 especies, así como determinó la entrada de 23 insectos, 3 bacterias, 2 ácaros, 1 virus y 1 viroide desde 1994-2013 (cuadro 2).



Fuente: SENASICA, 2021^a y 2021^b.

Figura 4
Inspección y vigilancia epidemiológica fitosanitaria en México, 2020.

Año	Grupo Epidemiológico	Plaga	Perdida en Rendimiento	Plantas Hospederas	Referencias	Control oficial (DGSV)
2013	Insectos	Pulgón Verde de la caña (<i>Melanaphissacchari</i>)	10-31%	Sorgo	INIFAP, 2014; SENASICA, 2015.	Si
2012	Insectos	Palomilla Marrón de la Manzana (<i>Epiphyaspostvittana</i>)	5-70%	Manzana, Pera	SCOPE, 2012.	Si - Erradicad o
2011	Insectos	Mosca del Vinagre de la Cereza (<i>Drosophila suzukii</i>)	20-100%	Ciruela, Durazno, Fresa	NAPPO, 2011; SENASICA, 2011; SCOPE, 2012.	Si
2011	Insectos	Mal de Panamá (<i>Fusarium oxysporumf.sp. cubense</i>)	100%	Plátano	SCOPE, 2011.	Si - Erradicad o
2011	Insectos	Palomilla del Tomate (<i>Tuta absoluta</i>)	50-100%	Tomate	SCOPE, 2011.	Si - Erradicad o
2010	Insectos	Roya Anaranjada de la Caña de Azúcar (<i>Pucciniakuehnii</i>)	40%	Caña de Azúcar	NAPOO, 2010.	Si
2009	Insectos	Tizón Negro del Arroz (<i>Tilletiabarclayana</i>)	10-40%	Arroz	DGSV, 2009; DOF, 2011.	
2009	Bacterias	Enfermedad de Pierce (<i>Xylella fastidiosa subsp. fastidiosa</i>)	20-30%	Uvas	NAPPO, 2009.	Si
2009	Bacterias	Huanglongbing, HLB (<i>CandidatusLiberibacteras iaticus</i>)	23-50%	Cítricos	NAPPO, 2009.	Si
2009	Insectos	Podredumbre Acuosa de la Capsula del Cacao (<i>Moniliophthoraroreri</i>)	80%	Cacao	NAPPO, 2009.	Si
2002	Insectos	Psilido Asiático de los Cítricos (<i>Diaphorinacitri</i>)	30-100%	Cítricos	Graça y Korsten, 2004.	Si
2009	Ácaros	Ácaro Rojo de las Palmas (<i>Raoiella indica</i>)	75%	Palma, Plátano	NAPPO, 2010.	Si
2008	Virus	Virus Meleira de la Papaya (<i>Papaya meleira virus</i>)	30-100%	Papaya	Pérez Brito et al., 2012; DGSV, 2013. (African Journal of Biotechnology Vol. 11 (71). 2012).	Si
2006	Ácaros	Ácaro del Vaneo del Arroz (<i>Steneotarsonemusspinki</i>)	30-90%	Arroz	NAPPO, 2007	Si
2006	Viroide	Mancha de Sol del Aguacatero (<i>Avocado sunblotchavunviroid</i>)	Cierre de Fronteras	Aguacate	De la Torre et al., 2009 (PlantDisease Vol. 93 No. 2 (2009)).	Si
2006	Insectos	Palomilla del Nopal (<i>Cactoblastiscactorum</i>)	100%	Nopal	NAPPO, 2010.	Si - Erradicad o
2005	Virus	Leprosis de los Cítricos (<i>Citrus leprosis virus</i>)	100%	Cítricos	NAPPO, 2010.	Si
2005	Insectos	Roya Asiática de la Soya (<i>Phakopsorapachyrhizi</i>)	30-90%	Frijol, Soja	NAPPO, 2010.	Si

2005	Insectos	Roya de la Teca (<i>Oliveatectonae</i>)	30%	Teca	NAPPO, 2005.	
2005	Insectos	Roya Transversal del Gladiolo (<i>Uromyces transversalis</i>)	30-90%	Gladiolo	NAPPO, 2005.	Si
2004	Insectos	Trips Oriental (<i>Thrips palmi</i>)	50-90%	Frijol, Tomate, Soja, Papa	SENASICA, 2010.	Si
2004	Insectos	Mosca del Mediterráneo (<i>Ceratitis capitata</i>)	25-80%	Aguacate, Tomate, Pimiento, Cítricos, Café, Uvas, Plátano, Mango, Papaya	NAPPO, 2004; NAPPO, 2005.	Si - Erradicad o
2009	Insectos	Picudo de los Pastos (<i>Sphenophorus venatus vestitus</i>)		Pastos	León, 2009.	
2002	Insectos	Palomilla Oriental de la Fruta (<i>Grapholita molesta</i>)	60%	Manzana, Durazno	DOF, 2002a	Si - Erradicad o
2002	Insectos	Piojo Harinoso de la Vid (<i>Planococcus ficus</i>)	100%	Uvas	DOF, 2002.	Si
2000	Insectos	Mosca del Olivo (<i>Bactrocera oleae</i>)	20-30%	Olivo	DOF, 2000.	Si
1999	Insectos	Cochinilla Rosada del Hibisco (<i>Maconellicoccus hirsutus</i>)	100%	Maíz, Caña de Azúcar, Frijol, Aguacate, Tomate, etc.	SENASICA, 2008.	Si
1999	Insectos	Escama Blanca del Mango (<i>Aulacaspis tubercularis</i>)	50%	Mango	Urías-López y Flores, 2005. (Sociedad Mexicana de Entomología, Vol. 4. 2005).	
1999	Insectos	Pulgón Café de los Cítricos (<i>Toxoptera citricida</i>)	50%	Cítricos	Michaud y Álvarez, 2000 (Florida Entomologist Vol. 83 No. 3 (2000)).	Si
1997	Insectos	Ergot del Sorgo (<i>Claviceps africana</i>)	10-15%	Sorgo	Velásquez-Valle et al., 1998.	
1994	Bacterias	Chip de Cebra o Complejo de Cebra (<i>Candidatus Liberibacter so lanacearum</i>)	60%	Papa	Secor et al., 2009; SCOPE, 2011. (Plant Disease / Vol. 93 No. 6).	

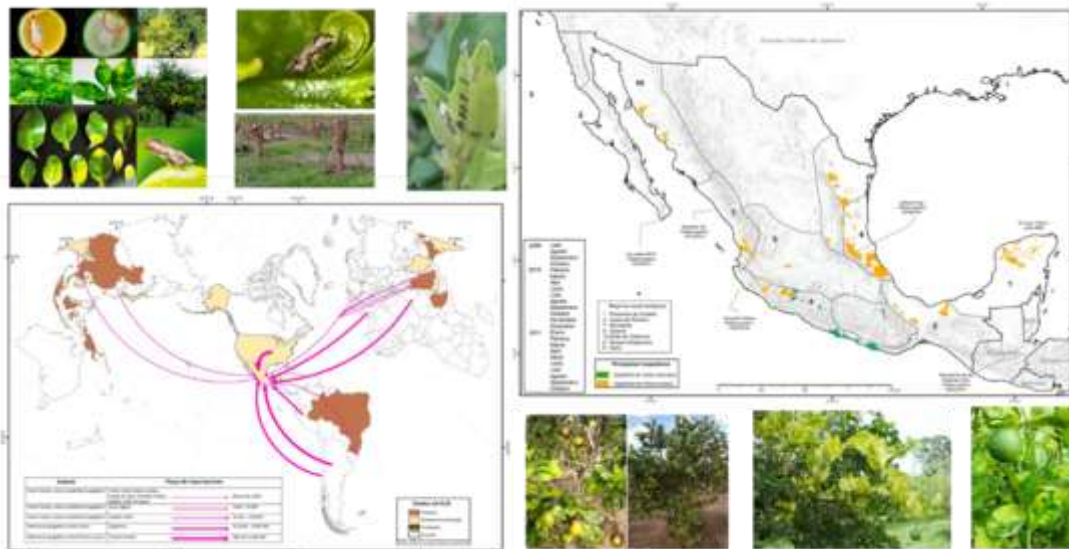
Fuente: LaNGIF-INPR-UASLP, 2010

Tabla 2
Nuevas plagas introducidas a México en los años de 1994-2013

El cultivo con más impactos por la entrada de invasiones biológicas agrícolas, tanto productivas, de biodiversidad y económicas fueron los cítricos por dos invasiones biológica *Huanglongbing* (HLB), enfermedad inducida por la bacteria *Candidatus Liberibacter spp.*, y transmitida en el continente americano por el Psílido Asiático de los Cítricos (PAC) *Diaphorinacitri Kuwayama* (enfermedad que viene de China) y *Leprosis* de los cítricos. La

enfermedad Huanglongbing (HLB) es la amenaza más grave a que ha enfrentado el cultivo de limón mexicano (Colima sobre todo fue letal) aún más que la naranja, que en otros países causo verdaderos estragos (Brasil, EUA etc.). Se le considera como la enfermedad más destructiva de los cítricos y se ha convertido en la más seria amenaza para la producción de cítricos en todo el mundo. No se conoce cura para los árboles infectados, los que en poco tiempo se vuelven decadentes e improductivos, y en algunos casos mueren⁴². Hasta principios de 2004, el continente americano era considerado libre de HLB, pero en marzo de ese año la enfermedad fue detectada en el estado de São Paulo, Brasil. En Estados Unidos de América se detectó por primera vez en agosto de 2005, en el estado de Florida, posteriormente en Louisiana durante 2008, Georgia en 2009, Texas y California en 2012. A México llegó en 2009 por Yucatán (Playa “El Cuyo”, Tizimín) y en 2010 se tuvo el primer positivo en planta en Tecomán, Colima. Los AET determinan que fue la entrada por barcos turísticos y comerciales y la segunda hipótesis por huracanes⁴³.

Con base en lo anterior, se determina que la introducción de especies agrícolas invasoras a México es multicausal tanto antrópica (transporte marítimo, aéreo, terrestre, turismo, migrantes legales e ilegales de menos de 24 horas, etc.) cómo biogeográfica (dirección y velocidad del viento, tormentas tropicales y huracanes. Del listado fitosanitario que aquí se presenta de introducciones recientes (cuadro2), tiene el potencial de afectar a más de 29 sistemas producto, entre los más afectados están cítricos (limón y naranja), aguacate, jitomate, frijol, vid, plátano, soya, papaya y arroz los cuales son considerados los sistemas producto más importantes desde el punto de vista económico. Se tienen identificados 15 artrópodos (insectos) que afectan principalmente a más de 15 sistemas producto y 7 patógenos que afectan a 12 sistemas productos, entre otros (Figura 6).



Fuente: Galindo, et. al. 2014. Introducción y dispersión de *Diaphorinacitri Kuwayama*, vector del HLB: una construcción metodológica al protocolo de especies invasoras en la agricultura mexicana

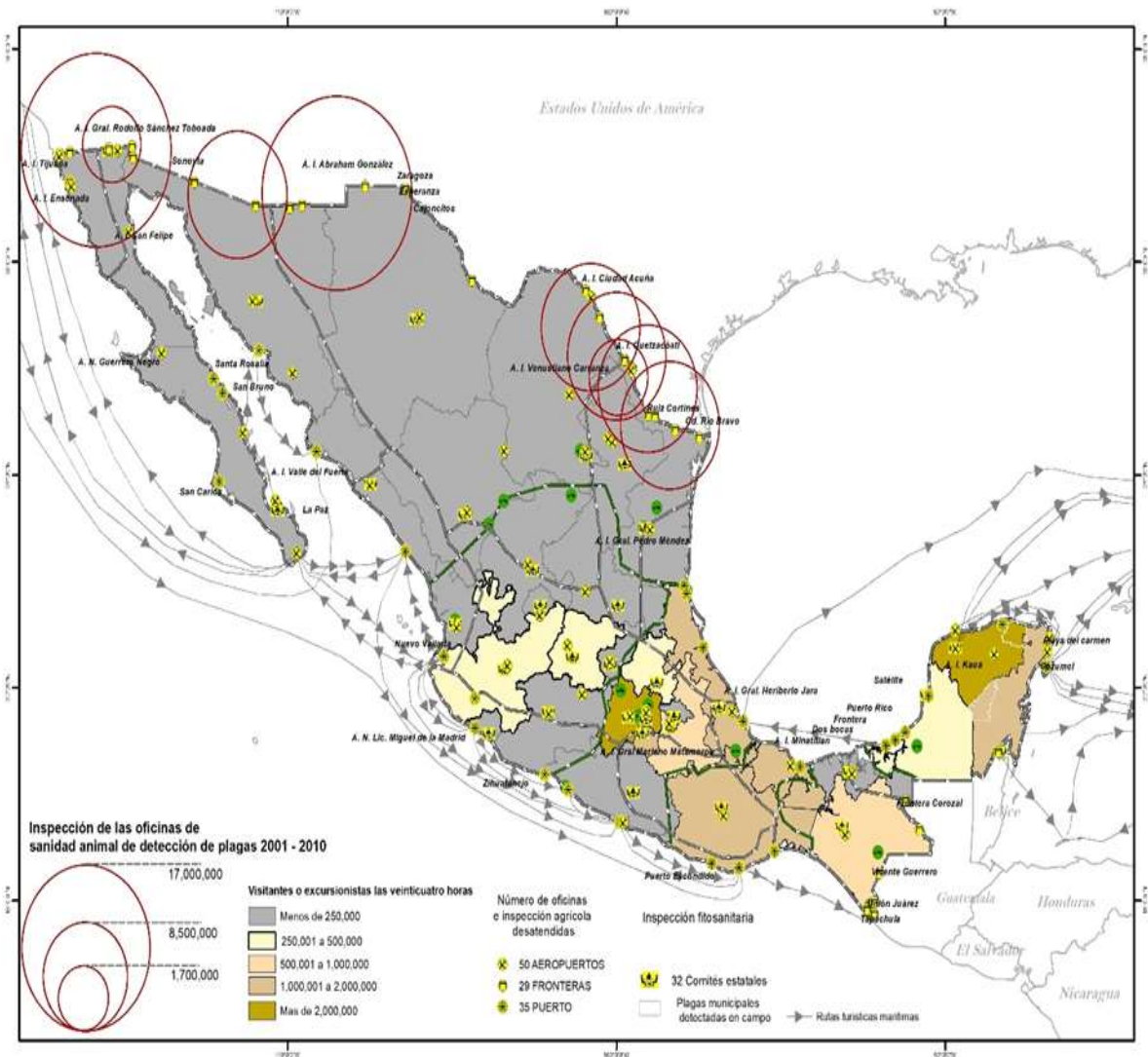
Figura 5
Análisis Espacio Temporal de HLB de los cítricos en México, 2009-2011

⁴² LaNGIF- SINAVEF-UASLP, Informe Técnico...

⁴³ LaNGIF-SINAVEF-UASLP, Epidemiología Fitosanitaria (AET's)...

Las regiones epidemiológicas donde se concentra el mayor número de nuevas plagas y enfermedades en México corresponden a nodos de gran actividad turística de la “Riviera Maya y Palenque-Agua Azul” que reciben más de 2 millones de visitantes internacionales al año. El sureste mexicano es el área con mayor vulnerabilidad de introducción de invasiones biológicas a nuestro país, por la gran dinámica económica en el sector turístico, sin embargo, este riesgo fitosanitario se acrecienta por la entrada masiva de migrantes ilegales que viene de Centroamérica y traen consigo morrales de frutas y alimentos que desechan en su camino, que pueden contener plagas y enfermedades agrícolas y se dispersan a través de hospederos secundarios. Por otra parte, en esta misma región epidemiológica del sureste mexicano se introdujeron oficialmente 9 de las 23 nuevas plagas a México: en 1999 Pulgón café de los cítricos (*Toxoptera citricida*), en 2002 Psílido asiático de los cítricos (*Diaphorinacitri*), en 2004 Trips oriental (*Thrips palmi*), en 2006 Palomilla del nopal (*Cactoblastiscactorum*), en 2008 Virus Meleira de la papaya (*Papaya meleira virus*), en 2009 Huanglongbing (HLB), en 2009 Ácaro rojo de las palmas (*Raoiella indica*), en 2009 Tizón negro del arroz (*Tilletiabarclayana*), en 2010 Roya anaranjada (*Puccinia kuehni*), (cuadro 2, Figura 6). Dentro de este territorio, se ubican jardines de hoteles de gran turismo, áreas naturales protegidas, jardines urbanos y traspatios que sirven de hospederos secundarios mientras que distribuyen y desplazan a las zonas agrícolas comerciales.

Además, existen 9 puertos marítimos de gran calado para recibir cruceros, 2 aeropuertos internacionales y 4 aduanas que no se inspeccionan oficialmente o por los menos no reportaron ningún dato en los últimos 20 años. Las siguientes regiones epidemiológicas con mayor número de positivos en nuevas plagas y enfermedades se localizan a lo largo de la frontera norte con EUA y se caracterizan por tener el llamado turismo de menos de 24 horas (viven en México y trabajan o estudian en Estados Unidos), como: Tijuana, Mexicali, Hermosillo, Ciudad Juárez, Agua Prieta, Piedras Negras, y Ciudad Acuña (figura 7), dentro de esta área se localizaron y obtuvieron registros de positivos en campo de: Cochinilla rosada del Hibisco (*Maconellicoccus hirsutus*), Piojo harinoso de la vid (*Planococcus ficus*), Palomilla Oriental de la fruta (*Grapholita molesta*), Mosca del olivo (*Bractocera oleae*), Chip de Cebra o Complejo de Cebra (*Candidatus Liberibacter solanacearum*), Mosca del mediterráneo (*Ceratitiscapitata*) y Enfermedad de Pierce (*Xylella fastidiosa*).



Fuente: LaNGIF-SINAVEF, Informe Técnico 2014

Figura 6

Impacto geoespacial potencial de nuevas introducciones de plagas y enfermedades agrícolas a México por región epidemiológica

Discusión y conclusiones

El impacto geoespacial es brutal una vez que ingresan nuevas plagas y enfermedades, ya que incrementan los costos de producción por las pérdidas causadas por los menos los primeros 5 años después de la introducción biológica, por el uso de plaguicidas y el impacto ambiental por la diversidad de hospederos que desarrollan la plasticidad tanto climática como de movilidad, lo que a productores de subsistencia puede llevar a la pérdida de la seguridad alimentaria. Con la presente investigación, se pudo establecer el papel que juegan los recursos humanos, la legislación y la tecnología en las estrategias operativas en campo y las políticas de gobierno para crear, mantener y hacer accesibles la información sobre plagas invasoras y devastadoras, para tomar decisiones sobre política comercial agrícola en el momento oportuno, basándose en información científica se puede decir que: *“ni los datos recopilados por Aduanas y Protección de las Fronteras junto con el Servicio de Inspección y Sanidad Agropecuaria, ni los recopilados*

por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre son adecuados para utilizarlos a la hora de tomar decisiones sobre política comercial, cuyo objetivo es prever las posibles consecuencias de los acuerdos de acceso al mercado estadounidense sobre las invasiones biológicas”⁴⁴.

Dentro de este contexto, resalta la necesidad que se tiene por parte de determinadas estructuras internacionales y de gobiernos en particular, de proporcionar bases de datos que permitan a los funcionarios tomar decisiones del impacto ambiental de conformidad con los acuerdos comerciales de ingreso de productos agrícolas, para determinar el riesgo de introducción de especies invasoras, con la finalidad de establecer medidas de control sobre las plagas transfronterizas y sobre los protocolos de exploración que sirvan para mejorar las revisiones de bienes importados, todo esto se relaciona con el conjunto de políticas fitosanitarias del Gobierno. De aquí la importancia de entender las diferencias entre los impactos por sector y actividad económica y el análisis de riesgo sobre ecosistemas naturales y los agroecosistemas que afectan las invasiones de plagas transfronterizas. Por lo anterior, se deba trabajar más en una cultura fitosanitaria con la población a través de las tecnologías de comunicación, redes sociales y extensionismo fitosanitario. Es a partir del 2005 pero sobre todo hacia el 2011, que en todos los países con modelos económicos de apertura comercial se forman grupos y redes de investigación en esta materia que homologan y armonizan las metodologías ARP y AET, constituyendo su principal tarea establecer los patrones de expansión y establecimiento de las plagas con enfoque epidemiológico, en donde el análisis espacial y las geotecnologías juegan un papel fundamental, a pesar de que predomina la visión agronómica fitosanitaria, esta requiere para avanzar de la colaboración estrecha con grupos científicos multidisciplinarios entre ellos biólogos, geógrafos, informáticos y geomáticos

Bibliografía

Badii, M. H. y Landeros, J. “Invasión de especies o el tercer jinete de apocalipsis ambiental, una amenaza a la sustentabilidad”. Daena: International Journal of Good Conscience. Vol: 2 num 1 (2007): 39-53. Convención internacional de protección fitosanitaria. <https://www.ippc.int/es/partners/regional-plant-protection-organizations/>

Cruz, David., et. al. Análisis de riesgo asociado al movimiento marítimo hacia y en el archipiélago de Galápagos. Con la colaboración de: C. Hewitt y M. Campbell, National Centre for the Marine Environment. Fundación Charles Darwin. Dirección Parque Nacional Galápagos. Australia. 2007.

Dalmazzone, Silvana and Giacarra, Sergio. “Economic drivers of biological invasions: A worldwide, bio-geographical analysis in Ecological Economics”. ELSEVIER. 105 (2014) 154–165.

Dragicevic, S. “The potential of WEB-based GIS”. Journal Geographical Systems num 6 (2004): 79-81.

Dragicevic, S. et. al. “A WEB GIS Collaborative framework to structure and manage distributed planning process”. Journal Geographical Systems num 6 (2004): 133-153.

⁴⁴ A. M. Liebhold, et al., “Airline Baggage as a Pathway for Alien Insect Species Invading the United States”, American Entomologist, Vol: 52 num 1 (2006): 48-54.

Echegoyén, P. Vigilancia Fitosanitaria, un elemento para la transparencia en el comercio internacional. 2003. Disponible en: <http://www.oirsa.org/Publicaciones/NotiOIRSA/Edicion-Especial-2003/Volumen-07-10.htm>.

EPA. Hiredfarmworkers: Health and well-being at risk. U.S. Government Accountability Office. 1992. <http://www.gao.gov/assets/160/151490.pdf>

FAO. Los efectos económicos de las plagas y enfermedades transfronterizas de los animales y las plantas en El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Departamento económico social. Parte III. 2001. <http://www.fao.org/docrep/003/x9800s/x9800s14.htm#TopOfPage>

FAO. Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias, incluido el análisis de riesgo ambiental y organismos vivos modificados. NIMF No 11. Normas internacionales para medidas fitosanitarias. Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. Roma. 2005.

FAO. Directrices en materia de legislación alimentaria. Estudio legislativo 91. 2006.

FAO. ISPM 2: Framework for pest risk analysis. International Plant Protection Convention (IPPC). 2016. <https://www.ippc.int/es/core-activities/standards-setting/ispms/>

FAO. La FAO presenta 2020 como Año Internacional de la Sanidad Vegetal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. 2019. <http://www.fao.org/news/story/es/item/1253562/icode/>

Ferrier, Peyton. The economic cost of agricultural and wild life mugging. United States Department of Agriculture. Economic Research Report, Vol: 81 num 13 (2009): 219–230.

Galindo, María Guadalupe y Contreras, Carlos. Introducción y dispersión de *Diaphorina citri* Kuwayama, vector del HLB: una construcción metodológica al protocolo de especies invasoras en la agricultura mexicana. Capítulo 2, en Huanglongbing y el psílido asiático de los cítricos: un acercamiento metodológico multidisciplinario. Tomo II, Colección Sanidad Vegetal, Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. LaNGIF-CIACyT-UASLP-SENASICA-SAGARPA, SLP, México. 2014. 41-78.

Galindo, María Guadalupe; Contreras, Carlos y Aldama, Cristobal. La Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria en México: un acercamiento metodológico. LaNGIF-UASLP-CIACyT-SAGARPA-SENASICA. 2011.

Galindo, María Guadalupe y González, Rigoberto. SIG-WEB inteligente: el caso del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria en México, SENASICA-SAGARPA-UASLP. En Percepción Remota y Ciencias Espaciales. 2013.

Galindo, María Guadalupe; Olvera y Contreras, Carlos. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Caso México. XLII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. 2015. 177-187.

Granado, Carlos. Avances en ecología. Hacia un mejor conocimiento de la naturaleza. Sevilla, España. Universidad de Sevilla Serie: Ciencias, No. 75. 2007.

Hart, K. y Pimentel, D. Public health and costs of pesticides. En: D. Pimentel (Ed.), Encyclopedia of Pest Management. Marcel Dekker. 2002. 677-679.

INEGI. Balanza Comercial de Mercancías de México. 2015. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/registros/economicas/comercio/default.aspx>

Liebhold, A. M. et al. "Airline Baggage as a Pathway for Alien Insect Species Invading the United States". American Entomologist, Vol: 52 num 1 (2006): 48-54.

LANGIF-SINAVEF. Atlas Multimedia: Introducción de plagas por eventos meteorológicos. 2013. http://langif.uaslp.mx/lineas_fito.php

LaNGIF-SINAVEF-UASLP. Informe Técnico. 2009. http://langif.uaslp.mx/lineas_fito.php

LaNGIF-SINAVEF-UASLP. Informe Técnico. 2010. http://langif.uaslp.mx/lineas_fito.php

LaNGIF-INPR-UASLP. Inventario Nacional de Plagas Reglamentadas (INPR): Sistema Multimedia de Plagas Reglamentadas. 2010. http://langif.uaslp.mx/lineas_fito.php

LaNGIF-SINAVEF-UASLP. Informe Técnico. 2011. http://langif.uaslp.mx/documentos/informe_2011/CDPresentacion_Informe2011.swf

LaNGIF- SINAVEF -UASLP. Informe Técnico. 2012. <http://langif.uaslp.mx/index.php>

LaNGIF-SINAVEF-UASLP. Epidemiología Fitosanitaria (AET's). 2013. http://langif.uaslp.mx/lineas_fito.php

LaNGIF- SINAVEF -UASLP. Informe Técnico. 2013. <http://langif.uaslp.mx/index.php>

LaNGIF- SINAVEF -UASLP. Informe Técnico. 2014. <http://langif.uaslp.mx/index.php>

Mcneely, O. K. et. al. A Global strategy on invasive species. IUCN, Gland, Switzerland, and Cambridge, UK. in collaboration with the Global Invasive Species Programmed. 2001.

MacArthur, Robert H. Geographical Ecology. Patterns in the Distribution of species. Princeton University Press. Oxford. 1972.

NIOSH. A story of impact: NIOSH pesticide poisoning monitoring program protects farm workers. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Centers for Disease Control and Prevention, US Department of Health and Human Services. 2012.

IPPC-NAPPO. International Plant Protection Convention: Countries. 2015. <http://www.nappo.org/english/standards-and-protocols/regional-phytosanitary-standards-rspms>

OMC. Introducción al Acuerdo de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias. 2014a. https://www.wto.org/spanish/tratop_s/sps_s/sps_agreement_cbt_s/c1s3p1_s.htm

OMC. Acuerdo sobre la aplicación de MSF. Acuerdo de Marrakech. Anexo A. 2014b. 79 – 93. https://www.wto.org/spanish/docs_s/legal_s/15-sps.pdf

Pissinou, N. "Spatio-Temporal Modeling in video and Multimedia Geographic Information System". *Geoinformatica*, Vol: 5 num 4 (2001): 345-409.

Pimentel, D. y Burgess, M. Environmental and Economic Costs of the Application of Pesticides Primarily in the United States. En: D. Pimentel y R. Peshin (Eds.), *Integrated Pest Management*. 2014. 47-72. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7796-5_2

Richter, E. Acute human pest iced poisonings. En: D. Pimentel (Ed.), *Encyclopedia of Pest Management*. Marcel Dekke. 2002. 3-6.

Sakamoto, Ai. "Development and application of a livable environment evaluation support system using WEB GIS". *Journal Geographical Systems* num 6 (2004):175-195.

Secretaría de Economía. Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI); Estadísticas anuales de productos agropecuarios. 2020. <http://www.economia-snci.gob.mx/>

SENASICA-DGIF. Base de Datos de OISAS 200-2010.

SENASICA. Sistema Integral de Referencia para la vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria: Acciones operativas para las plagas bajo vigilancia. 2021a <https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/acciones-estrategicas-de>

SENASICA. Sistema Integral de Referencia para la vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria: Plagas bajo vigilancia epidemiológica fitosanitaria. 2021b <https://www.gob.mx/senasica/acciones-y-programas/acciones-estrategicas-de>

SIAP. Balanza comercial agrícola por fracción arancelaria. 2020. http://w6.siap.gob.mx/comercio/con_producto.php

SIAP. Comercio Exterior: Sistema de Seguimiento Oportuno del Comercio Exterior. 2020a <http://www.siap.gob.mx/comercio-exterior/>

Simberloff, Daniel. "A Rising Tide of Species and Literature: A Review of Some Recent Books on Biological Invasions". Source: *Bio Science*, Vol: 54 num 3 (2004): 247-254.

Wilkinson, W. (2007). *Pest exclusion advisory 21-2007*. Sacramento: State of California Department of Food and Agriculture.

Yunfeng, Kong; et. al. "A Web-based Geographic Hypermedia System: Data Model, System Design and Prototype Applications". *Geo-spatial Information Science*. Vol: 14 num 4 (2011): 294-302.

Zadoks, J. "A hundred and more years of plant protection in the Netherlands". *Netherlands Journal Of Plant Pathology* num 97 (1991): 3-24. <https://doi.org/10.1007/BF01995781>

Zadoks, J. "Fifty years of crop protection, 1950-2000". *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, Vol. 50 num 2 (2002): 181-193. [https://doi.org/10.1016/S1573-5214\(03\)80006-4](https://doi.org/10.1016/S1573-5214(03)80006-4).

Impacto geoespacial de especies invasoras en la agricultura mexicana: la próxima amenaza a la seguridad alimentaria pág. 151

Zaller, J. DailyPoison. PesticidesanUnderestimatedDanger. Springer. 2020.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-50530-1_1

REVISTA
INCLUSIONES M.R.
REVISTA DE HUMANIDADES
Y CIENCIAS SOCIALES

CUADERNOS DE SOFÍA
EDITORIAL

Las opiniones, análisis y conclusiones del autor son de su responsabilidad y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Inclusiones**.

La reproducción parcial y/o total de este artículo debe hacerse con permiso de **Revista Inclusiones**.