

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA
PROGRAMAS MULTIDISCIPLINARIOS DE POSGRADO EN CIENCIAS
AMBIENTALES**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

**ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS EN MÉXICO. APLICACIÓN DE SIG EN LA
PREVENCIÓN DE ESPECIES INVASORAS**

PRESENTA:

M.C. BEATRIZ ESTRELLA ARREOLA MARTINEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. MARÍA GUADALUPE GALINDO MENDOZA

ASESORES:

DR. LEONARDO CHAPA VARGAS

DR. JOSÉ ARTURO DE NOVA VÁZQUEZ

09 de Octubre de 2018

CRÉDITOS INSTITUCIONALES

PROYECTO REALIZADO EN:

**LABORATORIO NACIONAL DE GEOPROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN
FITOSANITARIA**

CON FINANCIAMIENTO DE:

Laboratorio Nacional de Geoprocesamiento de Información Fitosanitaria (LaNGIF)

A TRAVÉS DEL PROYECTO DENOMINADO:

**Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria
SINAVEF**

Financiado por SAGARPA-SENASICA-UASLP

AGRADEZCO A CONACyT EL OTORGAMIENTO DE LA BECA-TESIS

Becario No. 247865

**EL DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES RECIBE APOYO ATRAVÉS
DEL PROGRAMA NACIONAL DE POSGRADOS DE CALIDAD (PNPC)**

1 CONTENIDO

2	RESUMEN.....	5
3	ABSTRACT	6
4	INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS	7
4.1	Elementos y conceptos del proceso de invasiones biológicas, y la problemática de las plagas exóticas	7
4.2	Vías de introducción.....	12
5	DIAGNÓSTICO DE PUNTOS DE INGRESO DE ESPECIES INVASORAS EN MÉXICO	16
5.1	Puntos de ingreso por comercio e intercepciones.....	16
5.2	Plagas introducidas	31
5.3	Establecimiento.....	38
6	IMPACTO.....	42
6.1	Costos.....	42
7	POLÍTICAS PÚBLICAS	46
7.1	Evaluando el marco.....	46
7.1.1	Regulación de las especies invasoras	47
8	LA IMPORTANCIA DE LA DETECCIÓN TEMPRANA.....	66
8.1	Diagnósticos rápidos como alternativas para la detección de especies invasoras.....	66
8.1.1	Cámaras hiperspectrales	67
8.1.2	¿Cómo funcionan?	68
8.1.3	Caso de cancro de los cítricos (<i>Xanthomonas citri</i> subsp. Citri).....	69
8.2	Espectroscopia RAMAN.....	70
9	ANÁLISIS Y CONCLUSIÓN	72
9.1	Conclusiones	76
10	¿QUÉ FALTA?.....	78
11	BIBLIOGRAFÍA.....	78

Índice de figuras

<i>Figura 1. Principales vías de introducción de especies exóticas.</i>	11
<i>Figura 2. Flujo de importaciones en México</i>	18
<i>Figura 3. Árbol de decisiones en la regulación de la llegada de plagas exóticas a puntos de ingreso a México.</i>	
<i>Figura 4. Paso peatonal de personas y vehículos pequeños en la frontera de Chiapas y Guatemala.</i>	20
<i>Figura 5. Paso de mercancía ilegal por el río Suchiate proveniente de Guatemala hacia Chiapas.</i>	20
<i>Figura 6. Mercancía transportada en vehículos particulares provenientes de Guatemala hacia Chiapas.</i>	20
<i>Figura 7. Paso de productos agrícolas provenientes de Guatemala ilegal y transportadas en balsas hacia Chiapas.</i>	
<i>Figura 8. Resumen de los procedimientos y posibles limitaciones en cada etapa para la detección de una especie exótica.</i>	21
<i>Figura 9. Intercepciones de plagas en Oficinas de Inspección Sanitaria de México, en el periodo de 2001 a 2010.</i>	24
<i>Figura 10. Número de organismos interceptados por país de 2001 a 2010.</i>	25
<i>Figura 11. Porcentaje de organismos interceptados por grupo epidemiológico en el periodo de 2001 a 2010.</i>	25
<i>Figura 12. Origen de las plagas interceptadas.</i>	27
<i>Figura 13. Origen de las intercepciones de plagas que logran entrar a México.</i>	27
<i>Figura 14. Registro de intercepciones de insectos por órdenes</i>	28
<i>Figura 15. Plagas introducidas en México por Región epidemiológica</i>	35
<i>Figura 16. Flujo de llegada de turistas en México por Región Epidemiológica en el periodo de 2001 a 2010</i>	36
<i>Figura 17. Plantulas de naranja en vivero no certificado en el municipio de Río Verde, SLP.</i>	38
<i>Figura 18. Jornaleros empacando platanos en material de embalaje reciclado, Tabasco.</i>	38
<i>Figura 19. Camiones que transportan naranja Río Verde, SLP</i>	38
<i>Figura 20. Residuos de coco en las Central de Abasto de SLP.</i>	38
<i>Figura 21. Empacado de plátano, Tabasco.</i>	38
<i>Figura 22. Plagas detectadas en Áreas Naturales Protegidas.</i>	40
<i>Figura 23. Establecimiento de plagas por grado de impacto ambiental.</i>	42

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Porcentaje de intercepciones de plagas por tipo de producto según su consumo</i>	26
<i>Tabla 2. Características generales de los taxones de artrópodos y las implicaciones para la bioseguridad en las fronteras y el potencial de invasión.</i>	29
<i>Tabla 3. Plagas introducidas en México en el periodo de 1999 a 2013.</i>	31
<i>Tabla 4. Registro de plagas agrícolas detectadas en México de acuerdo al sitio de detección, en el periodo de 2010 a 2015.</i>	37

2 RESUMEN

Las especies invasoras son introducidas por las actividades humanas a nuevas áreas geográficas, en donde se establecen, proliferan y se diseminan en detrimento de los intereses humanos, los ecosistemas y su biodiversidad. Están presentes en todas las categorías de los organismos vivos y en todos los tipos de ecosistemas, y se encuentran ampliamente distribuidas en el mundo. Son consideradas a nivel global como la segunda causa de extinción de especies, después de la pérdida del hábitat, además de suponer enormes gastos para la agricultura, la silvicultura, y otras actividades humanas, y de poner en riesgo su propia salud, un ejemplo de ello son las plagas exóticas que afectan incluso la seguridad alimentaria. El rápido desarrollo del comercio, el turismo, el transporte y los viajes durante el pasado siglo han provocado un aumento drástico de la propagación de estas especies, permitiéndoles cruzar barreras geográficas naturales. Por esta razón, el diagnóstico de las vías de introducción, dispersión y establecimiento de estas especies es de gran importancia para favorecer estrategias de detección temprana que permitan distribuir los recursos de manera eficiente, específicamente en puertos y cruces fronterizos, que son los sitios con mayor potencial de introducción ya que a ellos arriban un gran número de personas y productos de distintos sitios, y con ellos pueden llegar estas especies. A pesar de saber que el humano somos los responsables de transportar estas especies, en los protocolos vigentes no se contempla este factor antrópico como una variable importante a considerar. Es por ello que en el presente trabajo se propone la modificación del protocolo vigente donde se incluya el factor social y ambiental como parte del análisis, esto permite una gestión más eficaz pero que requiere coordinación entre jurisdicciones políticas, diferentes paisajes, poblaciones y datos económicos. Además de trabajar sobre la sensibilización de las partes interesadas para facilitar la detección temprana y efectividad de las respuestas en el manejo específicamente desde los puntos de ingreso, rutas de dispersión y las posibles áreas de establecimiento. Si bien es cierto que la prevención perfecta no es factible ni rentable si reduce la probabilidad de invasión y retrasa de los impactos, reduciendo los daños esperados. Es por ello que se deben implementar políticas eficientes en el ámbito económico y natural, es decir distribuir los recursos de tal forma que se puedan implementar estrategias de prevención y no de contención.

Invasoras, plagas, riesgo, introducción, establecimiento

3 ABSTRACT

Invasive species are introduced by human activities to new geographic areas, where they are established, proliferate and spread to the detriment of human interests, ecosystems and their biodiversity. They are present in all categories of living organisms and in all types of ecosystems, and are widely distributed throughout the world. They are considered globally as the second cause of extinction of species, after the loss of habitat, in addition to supposing enormous expenses for agriculture, forestry, and other human activities, and putting their own health at risk, an example of this is the exotic pests that affect even food security. The rapid development of trade, tourism, transport and travel during the past century have caused a dramatic increase in the spread of these species, allowing them to cross natural geographical barriers. For this reason, the diagnosis of the routes of introduction, dispersion and establishment of these species is of great importance to favor early detection strategies that allow efficient distribution of resources, specifically in ports and border crossings, which are the sites with the highest potential of introduction since they reach a large number of people and products from different sites, and these species can reach them. Despite knowing that human beings are responsible for transporting these species, in current protocols this anthropic factor is not considered as an important variable to consider. That is why in this work we propose the modification of the current protocol where the social and environmental factor is included as part of the analysis, this allows a more effective management but requires coordination between political jurisdictions, different landscapes, populations and economic data. In addition to working on the sensitization of stakeholders to facilitate the early detection and effectiveness of management responses specifically from entry points, dispersion routes and possible areas of establishment. Although it is true that perfect prevention is not feasible or profitable if it reduces the probability of invasion and delays the impacts, reducing the expected damages. That is why efficient policies must be implemented in the economic and natural environment, that is, to distribute resources in such a way that prevention strategies can be implemented and not containment.

Invasive, pests, risk, introduction, establishment

4 INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS

4.1 ELEMENTOS Y CONCEPTOS DEL PROCESO DE INVASIONES BIOLÓGICAS, Y LA PROBLEMÁTICA DE LAS PLAGAS EXÓTICAS

El creciente movimiento global de productos y personas eso ha llevado a la introducción de especies (Brasier 2008; Hulme 2009; Hantula et al. 2014; Freer-Smith y Webber 2015) y en algunos casos estas especies se llegan a convertir en invasoras, causando severos daños en diferentes sectores.

Las invasiones biológicas son el mayor fenómeno ecológico que ha impactado a diferentes áreas como biodiversidad, la salud humana, comercio y agricultura y ha causado grandes impactos. El mayor efecto económico directo de una especie exótica invasora es la pérdida de la producción o disminución en la eficiencia de la misma, ya se trate de cultivos o animales, aunque la gravedad de las consecuencias económicas dependerá de las circunstancias específicas. Algunos consideran que las especies invasoras son 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 fecha (MacArthur, 1972; Mcaneely, 2001; Granado; 2007).

Debido a la facilidad y la multiplicidad de formas en que las especies exóticas invasoras pueden desplazarse, los países con importantes sectores agrícolas, silvícolas y con una amplia diversidad de ecosistemas deben evaluar cuidadosa y frecuentemente los riesgos para estos sectores planteados por las plagas. En la agricultura estas especies están íntimamente relacionadas en el ámbito fitosanitario, ya que la gran mayoría de las especies invasoras se han registrado como plagas en la agricultura.

Se entiende por plaga agrícola en el sentido estricto: como cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales (NIMF n°5, FAO, 2009a). Las plagas de las plantas, como los insectos, patógenos y malezas, siguen siendo una de las mayores limitaciones para la producción agrícola y de alimentos causando pérdidas de más del 40% (y en épocas graves hasta el 80%) del suministro mundial de alimentos (Simberloff, 2004; Tatem, 2006; Granado, 2007; Tara, 2010).

En diversas regiones del mundo se han introducido numerosas especies (IMTA et al., 2008) y su impacto había pasado desapercibido hasta hace algunos años. Algunos países como los Estados Unidos de América, Nueva Zelanda y Australia, cuentan con programas y protocolos de inspección muy estrictos de productos agropecuarios e incluso equipajes. En México, este tema se contempla hasta 2006 como tal, pero es en el ámbito fitosanitario con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), a través de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) (organismo fundado en 1951 que agrupa a 171 naciones bajo el propósito de “Prevenir la diseminación e introducción de plagas de plantas y productos vegetales y promover medidas apropiadas para combatirlos”) cuando el país se compromete al igual que todos los países signatarios a implementar una serie de acciones como la emisión de certificados fitosanitarios y la vigilancia, inspección y desinfección o desinfestación de plantas y productos vegetales.

Entre los compromisos que forman parte de este acuerdo, está el relacionado con el Análisis de Riesgo de Plagas (ARP) (NIMF n° 11), el cual es uno de los principios operativos de la CIPF para la protección de las plantas y la aplicación de medidas fitosanitarias en el comercio internacional (FAO, 2004). Además, el país participa en forma constante con las organizaciones regionales de protección vegetal, OIRSA y NAPPO, estableciendo paneles de trabajo en materia de ARP, disminuyendo las diferencias o posibles controversias en su aplicación, con el propósito de facilitar el comercio y evitar el uso de medidas injustificadas, como barreras al comercio (Elizalde, 2001; SAGARPA, 1996).

También es miembro de la Organización Norteamericana para la Protección de las Plantas (NAPPO), que establece estándares fitosanitarios regionales aplicables a la exportación e importación de plantas, existiendo así un marco bien establecido para el manejo de plagas cuarentenarias de plantas y animales a través de normas fitosanitarias y zoonosanitarias, todas ellas fundadas y motivadas en las leyes de sanidad vegetal y animal, respectivamente.

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), se encarga de aplicar estas normas y, a través de la Secretaría de Salud (SS), establece las que son necesarias para combatir plagas relacionadas con la salud humana; dichas normas pueden servir como base para la implementación de otras aplicables a especies invasoras.

Las cargas agroindustriales se considera que son las que tienen mayor potencial para transportar especies invasoras, considerando que miles de toneladas de frutas y vegetales frescos se transportan diariamente de África a Europa o de América Latina a Estados Unidos (Hernández, 2002), y que el número de especies invasoras potenciales que podría acompañar a estos productos es asombroso. Sin embargo, las especies invasoras no solo llegan en estos productos agropecuarios, también pueden encontrarse dentro de productos no biológicos, como el material de empaque o embalaje, ejemplo de esto es el gorgojo Khapra (*Trogoderma granarium*), escarabajo de importancia cuarentenaria que infesta granos y que es encontrado en material de empaque que acompaña al producto.

Los materiales de empaque pueden ser elaborados con una amplia variedad de materiales orgánicos e inorgánicos como papel, fibra vegetal, y muchos tipos de plásticos; además de infestar directamente a estos materiales, las especies pueden ser recogidas casualmente por el embalaje (Mc Neely et al., 2001), o entrar a los contenedores durante el proceso de empaque o después de él (Hernández, 2002), por ejemplo; las cajas y plataformas de madera son consideradas como las rutas probables de entrada de plagas que infestan árboles, como el escarabajo asiático de cuernos largos (*Anoplophora glabripennis*) (USDA, 2012). O en el caso del empacado realizado con luz artificial durante la noche en instalaciones semiabiertas frecuentemente da como resultado que los insectos voladores sean atraídos y transportados en estos (Liebhold, 2006; Lomas, 2008).

Sitios como los puertos y aeropuertos son estratégicos para poder detectar la llegada de algunas especies exóticas potencialmente invasoras. Cruz Martínez et al. (2007), menciona que las rutas marítimas son medios efectivos para transportar organismos exógenos como insectos vectores de enfermedades que pueden viajar como polizones a bordo de los barcos o dentro de los comestibles, plantas ornamentales o equipos que lleven a bordo e incluso en el equipaje de los turistas (Hulme et al., 2008). Esto resulta admisible ya que en estos sitios se lleva a cabo gran parte del comercio internacional, pues cada día enormes cantidades de artículos son transportados a través de los océanos y los cielos. Tan solo en los últimos 35 años el comercio global se incrementó considerablemente, pues mientras en 1965 fue menor a los dos mil millones de dólares estadounidenses, para el año 2000 fue de seis billones de dólares.

Frente a tal incertidumbre se llevan a cabo acciones que permitan prevenir la entrada de especies que podrían ser invasoras, y para esto existe infraestructura para poder

detectar especies que son consideradas plagas o peligros potenciales para el sector agropecuario en estos puntos de entrada al país (puertos y aeropuertos), a cargo de SENASICA (SENASICA, 2012).

El SENASICA cuenta con Oficinas de inspección de Sanidad Agropecuaria (OISAs) en puertos, aeropuertos y aduanas, principales sitios donde entran personas y productos provenientes de otros países que pueden traer consigo plagas exóticas que pueden causar estragos a la economía del país. También la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), lleva a cabo un programa de inspección en puertos, aeropuertos internacionales y puntos fronterizos, y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), ha elaborado la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras en México, esta describe la introducción, dispersión y establecimiento de las especies invasoras, así como los efectos nocivos que este fenómeno acarrea.

Un aspecto importante a considerar es que los organismos pueden encontrarse en las estructuras de los medios de transporte como trenes, automóviles, barcos y aviones, la mayoría de ellos, especies de tamaño pequeño como los insectos considerados como uno de los grupos de organismos con más alta capacidad de trasladarse y colonizar otros sitios (Borror et al., 1989). Los análisis de las diferentes vías de introducción mediante los cuales los insectos u otros invertebrados pueden dispersarse ayudados por las actividades humanas son muy importantes porque así se pueden sugerir medidas que mitiguen sus efectos (Causton et al., 2006).

La abundancia de métodos de inspección, control y reglamentación solo se realiza en los productos agropecuarios, no así en empaques, embalajes, mucho menos se hace una inspección interna del barco en busca de especies invasoras como polizontes y sólo una pequeña fracción del equipaje de los pasajeros se verifican por vía aérea, y por barco, crucero o yate, demostrando que en México todavía son muy laxos sobre todo con el sector turístico, ya que significa una fuerte entrada de divisas, sobre todo aquel sector de élite, como es el de cruceros y yates, que ven como ventaja comparativa no pedir documentos oficiales al “pisar tierra” (como visas o pasaportes) (Ramírez y Mendoza, 2005).

Impedir la introducción de especies exóticas es la primera opción y la más rentable. Los métodos de exclusión basados en vías de entrada en lugar de en especies individuales proporcionan el método más eficaz de concentrar esfuerzos en sitios en los que es fácil

que las plagas atraviesen las fronteras nacionales, y de interceptar varios posibles invasores relacionados con una sola vía, esto hace que la detección temprana de posibles especies invasoras sea crucial para determinar si la erradicación de la especie es viable.

Los Sistemas de Información Geográfica y las tecnologías asociadas (Sensores Remotos, GPS, etc.) son básicos para poder monitorear la ocurrencia espacial actual y potencial, así como para facilitar un programa de prevención y control (Ramírez y Mendoza, 2005; GISP, 2010). En este intento para prevenir, mitigar y controlar los impactos derivados de las especies exóticas y de las que se pueden convertir en invasoras se han diseñado algunas herramientas conceptuales y matemáticas como los modelos de distribución de nicho ecológico de las especies invasoras para predecir áreas de invasión, considerando las condiciones climáticas futuras.

El análisis espacial se ha descrito como un método para analizar datos espaciales o datos georreferenciados, incluyendo los elementos, patrones, procesos y estructuras de los fenómenos espaciales, diseñado para la toma de decisiones y servir como una herramienta de ayuda en la planificación territorial, reformulación de políticas públicas entre otros usos (Murayama & Thapa, 2011) y en conjunto con la aplicación de las Geotecnologías se logra obtener gran cantidad de información tanto espacial como la asociada a los cambios en el tiempo o a los impactos del hombre sobre algunos sistemas ecológicos y los elementos epidemiológicos asociados a la persistencia de las enfermedades en determinadas áreas geográficas (LAGES, 2016).

Algunos estudios que muestran la importancia del Análisis Espacial junto al uso de Geotecnologías en el diagnóstico, análisis y modelado de enfermedades parasitarias e infecciosas (Bipin, ChunXiang, Tobia, Wei, & Shahid, 2016), desde priorizaciones de intervención (Grant, 2006), modelos espacio-temporales (Estallo, y otros, 2014), uso de sensores remotos (Khormi & Kumar, 2011) aplicados al reconocimiento de características espaciales asociadas a las enfermedades como el Dengue (Barrientos, 2007), evaluaciones de programas de vigilancia por medio análisis de patrones espaciales (Espinoza, y otros, 2016) e integración de múltiples variables socioeconómicas y ambientales a partir de aplicación de Geotecnologías para el caso algunas especies invasoras (Wijayanti, y otros, 2016).

4.2 VÍAS DE INTRODUCCIÓN

Se define introducciones como el movimiento de una especie exótica que 'puede tener lugar dentro de un país o entre países o áreas fuera de la jurisdicción nacional' (Miller, Kettunen and Shine, 2006), la condición de exótico es un atributo asociado con una región política o administrativa específica, es decir las vías de introducción son aquellas rutas por las cuales una especie puede trasladarse de una región a otra.

Estas especies pueden ingresar como resultado directo e indirecto de la actividad humana, llegar y entrar en una nueva región a través de tres mecanismos generales: la importación de mercancías, la llegada de un vector de transporte y/o propagación natural de una región vecina donde la especie es también exótica. Cinco vías están asociadas con la actividad humana, ya sea como materias primas (liberación y escape), los contaminantes de los productos básicos, polizones en los modos de transporte y oportunistas que explotan corredores resultantes de las infraestructuras de transporte.

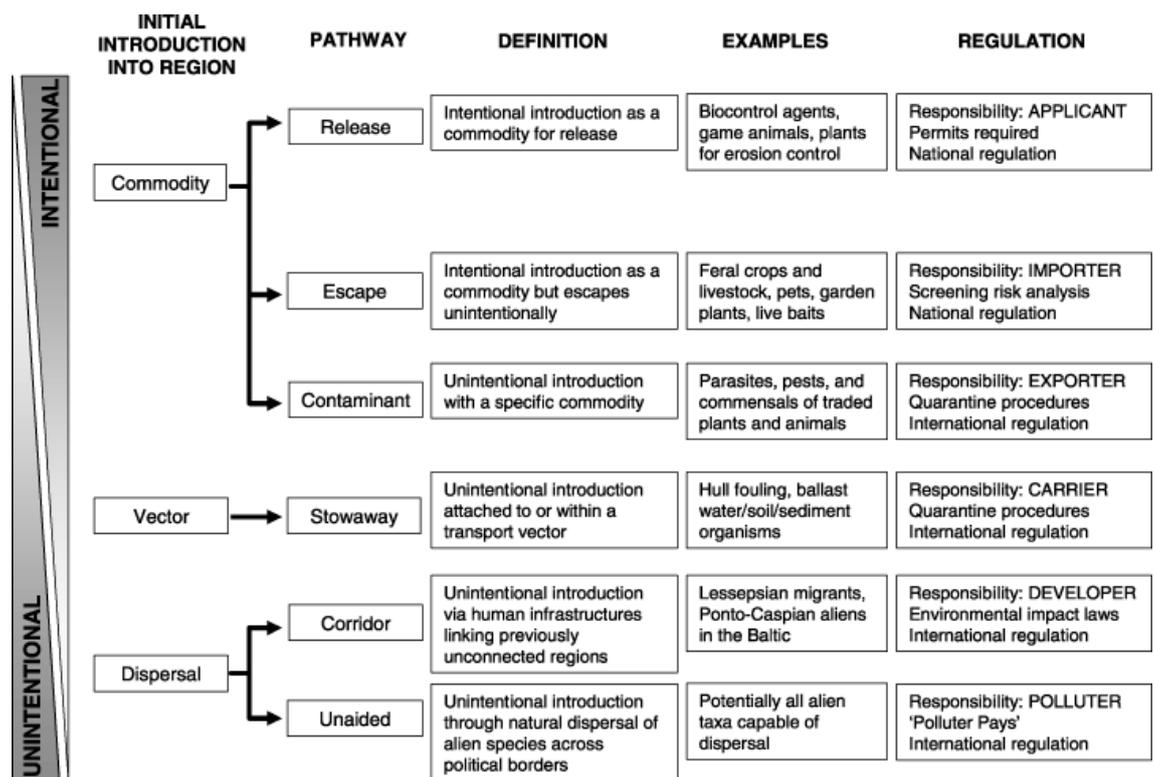


Figura 2. Principales vías de introducción de especies exóticas.

Fuente: Miller, Kettunen y Shine 2006

Los ámbitos en los que la globalización ha impactado positiva y negativamente van más allá del aspecto económico e involucran cambios técnicos, políticos, sociales, científicos, culturales e inclusive ambientales (Galindo, 2011). En cuanto al comercio

internacional ha sido reconocido desde hace tiempo como uno de los conductos principales por el cual las plagas pueden ingresar a los países (Food and Agriculture Organization [FAO], 2010), ya que hay una amplia variedad de organismos asociados con las plantas y productos vegetales, como insectos, patógenos, malezas y otros organismos que pueden estar ingresando en los productos agrícolas importados, en alimentos para uso de la industria alimenticia, en cargamentos no agrícolas e incluso en equipaje de los turistas.

Estos organismos exóticos llegan a convertirse en especies invasoras, afectando dramáticamente la diversidad, productividad y la función de los recursos naturales y agrícolas del país importador o receptor de visitantes (Liebhold, Brockerhoff, Garrett, Parke, & Britton 1995; Mack, Simberloff, Mark Lonsdale, Evans, Clout, & Bazzaz 2000; Pimentel & Wheeler 1997; Vitousek, D'antonio, Loope, Rejmanek, & Westbrooks 1997; Wilcove, Rothstein, Dubow, Phillips, & Losos 1998), causando daños incalculables siendo el sector agrícola el más evidente (North American Plant Protection Organization [NAPPO], 2011)

Para que ocurra una invasión tras la llegada de una especie en algún cargamento, maleta, o artículos de algún turista, por ejemplo, implica un proceso de tres pasos: la llegada de la especie exótica a un nuevo hábitat, su establecimiento o naturalización que implica el aumento de la densidad poblacional y el desplazamiento o dispersión por sus propios medios de esta especie hacia una nueva área (Reaser, 2007). Sin embargo, solo 10 % de los organismos exóticos llegan a establecerse y a ser invasores (Williamson, 1996). Una vez que una especie exótica se convierte en naturalizada, las opciones de gestión son normalmente enfocadas a los programas de regulación para contener, retardar la propagación o erradicar a la plaga. Estos esfuerzos suelen ser muy costosos y pueden requerir aplicaciones intensivas de plaguicidas, además que no siempre son exitosos (Dahlsten et al., 2005; Liebhold and Bascompte, 2003; Myers and Bazely 2003; Simberloff, 2004).

Liberaciones intencionales y fugas debe ser sencillo de controlar y regular, pero, en la práctica, el desarrollo de la legislación ha resultado difícil. Las introducciones siguen ocurriendo en cargas contaminadas, como polizón en maletas, material de embalaje, luces de los medios de transporte o incluso en la ropa de los turistas. Estas vías representan desafíos especiales para el manejo y legislación. El marco debe permitir a estas tendencias a controlar en forma más clara y esperar que conduzca a la elaboración

de reglamentos o códigos de prácticas adecuadas para frenar el número de futuras introducciones.

Para disminuir el ingreso de estos organismos plaga, los países, incluido México, toman medidas en los puntos de ingreso del país como puertos, aeropuertos y aduanas para detectar de manera oportuna dichos organismos, sin embargo, algunos entran sin ser detectados. En México estas acciones son coordinadas por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) y la Dirección General de Inspección Fitosanitaria (DGIF), responsables de determinar medidas para evitar la entrada de plagas agrícolas exóticas procedentes de otros países que puedan ser devastadoras. Entre las medidas se encuentra establecer Oficinas de Inspección Sanitaria (OISA's) ubicadas en puertos, aeropuertos y fronteras de la República Mexicana, en dichas oficinas se realizan actividades que van desde la revisión de documentos, revisión de productos importados, materiales o cargas internacionales, centrándose principalmente sobre los productos básicos agrícolas y plantas relacionadas que son susceptibles de albergar plagas de las plantas vivas (SENASICA, 2013).

Estas inspecciones se han llevado a cabo durante décadas, pero lograr la detección temprana y programas eficaces de erradicación de **todas** las especies plagas es una tarea de magnitud considerable o logísticamente imposible, dado el aumento de las tendencias de la globalización, el volumen de comercio y viajes entre los países (NAPPO 2013; United States Department of Agriculture [USDA], 2008; National Research Council [NRC], 2010). Por lo que la vigilancia en México sólo puede llevarse a cabo de manera realista sobre plagas objetivo de importancia reglamentaria o cuarentenaria, que se encuentran ausentes en el país.

Igual que en aquella época, esto ha movilizó plagas y enfermedades de las plantas, los animales y las personas (Semo, 1973; Le Monde Diplomatique, 2006; Badi and Landeros, 2007; Galindo, 2014). Actualmente, son más de 3 mil especies de plantas y animales que son transportadas involuntariamente a diario en todo el mundo (Lardy, 2002; Simberloff, 2004; Wilkinson, 2007; Rogers, 2008; Ferrier, 2009).

Diferentes mecanismos por los que las especies exóticas se han introducido desde un lugar a otro juegan un papel fundamental en la probabilidad posterior de la invasión biológica (Ruiz y Carlton 2003 ; Perrings et al 2005. ; Hulme et al . 2007). Como

resultado, un número creciente de estudios intenta cuantificar la probabilidad de invasión usando la frecuencia, la escala y la fiabilidad de las vías de introducción (García-Berthou et al 2005. ; Lambdon y Hulme 2006 ; Kenis et al . 2007). Aunque sin duda hay una necesidad de aumentar el conocimiento existente de las vías, también es imperativo que esta información se traduzca en respuestas rápidas y de gestión apropiadas (Hulme 2006). Hasta la fecha, la perspectiva de la gestión de las vías sigue siendo rudimentario, complejo y poco efectivo en la prevención de estas especies.

La divergencia entre la complejidad de las invasiones biológicas y el marco normativo posterior se ilustra por casi 30 diferentes vías registradas en la base de datos mundial sobre especies invasoras, mientras que el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) sólo distingue dos. Los últimos separa los 'introducciones intencionales', que se refieren al movimiento y / o la liberación deliberada por los seres humanos de una especie exótica fuera de su área natural (pasada o presente), de 'introducciones involuntarias', que describe otros tipos de introducción que no son intencionales (Miller, Kettunen y Shine 2006).

Sin embargo existen muchas maneras de que una especie exótica puede entrar en una nueva región, y la globalización se asegurará de que la diversidad de vías sea dinámica y probablemente aumentan con el tiempo (Perrings et al., 2005), por lo que es poco probable que las regulaciones sólidas se lleven a cabo para cada vía específica. Por lo tanto, hay una necesidad crítica de un enfoque que equilibre la amplitud con la utilidad en términos de la comprensión de las causas de la invasión y rectores respuestas de la administración.

Aún cuando existen algunas bases de datos mundiales y nacionales que se utilizan para identificar el número de organismos y las principales vías de introducción, sigue habiendo lagunas y limitaciones y poca o nula conexión con la legislación existente para la gestión de introducción de especies exóticas. En ausencia de datos detallados sobre las tasas de introducción de especies individuales, es complicado o casi imposible estructurar programas de prevención que sean efectivos. Por lo que se debe partir del análisis de las vías de introducción para desentrañar el papel de las especies y los rasgos de los ecosistemas en las invasiones biológicas, así como la predicción de tendencias futuras y la identificación de opciones de gestión (Colautti, Grigorovich y MacIsaac 2006).

Además, que hasta la fecha ninguno de los trabajos revisados plantea el análisis de los factores antrópicos como factor de incremento de las invasiones biológicas, a pesar de conocer que le humano es el responsable de mover las especies fuera de su rango de

distribución natural, a través de sus actividades económicas o recreativas. Los modelos de distribución de nicho, en combinación con los SIG, el conocimiento sobre la biología de las especies, los análisis de riesgo (NIMF N° 11) con la integración de variables antrópicas, harán posible orientar medidas de prevención considerando las vías de entrada y dispersión más probables.

En esta cuenta se propone un marco de vía simplificada para facilitar el análisis comparativo y la regulación de las invasiones de una amplia gama de taxones a través de una diversidad de biomas. Este enfoque es esencial para evaluar los riesgos por factores del cambio ambiental tales como invasiones y las comunicará a los políticos los que la legislación es raramente taxón. Por lo que se tendrán los siguientes objetivos:

Realizar un análisis de la situación actual en la temática de especies exóticas invasoras en México.

Analizar la legislación Internacional y Nacional y las instituciones que se encuentran involucradas en la gestión de las especies invasoras en el país.

Realizar un diagnóstico de las principales vías de ingreso y las condiciones que favorece la introducción de estas especies en el país.

Determinar las áreas potenciales de distribución de las especies exóticas representativas de impactos ambientales, sociales y económicos.

En México se tiene identificadas como las vías de introducción al comercio y transporte, dejando de lado al turismo y las introducciones de manea ilegal por la complejidad para detectarlas y analizar las posibles rutas.

5 DIAGNÓSTICO DE PUNTOS DE INGRESO DE ESPECIES INVASORAS EN MÉXICO

5.1 PUNTOS DE INGRESO POR COMERCIO E INTERCEPCIONES

Las Naciones Unidas (ONU) reconocen el control fronterizo y las medidas de cuarentena como principio rector para prevenir la introducción y la mitigación de especies exóticas invasoras (CBD, 2002). Como tal, los países deben promulgar sistemas de gestión de fronteras para todos los bienes, pasajeros, equipaje u organismos que ingresan a un país, para excluir especies nocivas.

Estos sistemas están sujetos a varios tratados comerciales multinacionales, acuerdos y regulaciones. Varios de estos los acuerdos son relevantes para los artrópodos terrestres, incluida la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF, 1997), el mundo Organización para la Sanidad Animal (OIE, 1924) y el Convenio sobre biología Diversidad (CBD, 1992). En adición, Acuerdo de la Organización Mundial del Comercio (OMC) sobre la aplicación de medidas sanitarias y fitosanitarias Medidas (Acuerdo MSF, OMC, 1994), aunque no directamente dirigido a especies exóticas, si no que proporciona una base para que los países promulguen medidas de bioseguridad. Estas medidas están publicadas en estándares internacionales para medidas fitosanitarias (NIMF) establecidas por la CIPF (FAO, 2011b).

El sistema de reglamentación de las importaciones debe consistir en legislación, reglamentos y procedimientos destinados a prevenir introducción de plagas exóticas (NIMF 20, FAO 2004).

La respuesta internacional a las invasiones ha sido impulsada por acuerdos como el Acuerdo de la Organización Mundial del Comercio sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (SPS), la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Convención para la Diversidad Biológica (CBD), con un enfoque estratégico en la prevención como el método de gestión más rentable. Por ejemplo, la CIPF ha desarrollado una lista de Normas Internacionales y Medidas Fitosanitarias (NIMF), que establece reglas y recomendaciones para todos los aspectos del proceso comercial, p. NIMF 15 "Directrices para regular el embalaje de madera en el comercio internacional", cuyo objetivo es reducir la probabilidad de dispersión de insectos. Sin embargo, existen lagunas en los marcos regulatorios internacionales para el manejo de movimientos no intencionales de especies, que incluye la mayoría de los insectos invasores, debido a las dificultades para evaluar la eficacia de las medidas de prevención.

Los insectos económicamente nocivos son "incluidos en la lista de plagas con riesgo potencial de introducción" y no pueden entrar y circular por el continente (SENASICA, 2010). Como última línea de defensa contra las invasiones de insectos regulados, los envíos entrantes se controlan a través de inspecciones fitosanitarias en las fronteras. Las intercepciones de especies en cuarentena se ingresan en una base de datos de comunicación central. Según la legislación actual, los inspectores deben verificar todos

los envíos que puedan contener insectos de cuarentena. Los inspectores llevan a cabo inspecciones junto con datos taxonómicos y de distribución generales sobre los insectos de cuarentena. Si bien los inspectores deben verificar todos los envíos que podrían contener insectos de cuarentena, los volúmenes y métodos de muestreo exactos pueden variar entre las diferentes Oficinas y el tipo de productos porque no existe una estrategia de inspección óptima. Además, la toma de decisiones con respecto a los volúmenes de muestreo es cada vez más difícil debido al aumento del comercio internacional por el cual los inspectores solo tienen la capacidad de muestrear una pequeña fracción de las importaciones totales. Por ejemplo, solo se inspecciona el 2% de toda la carga de cruce fronterizo que llega a puertos marítimos, aeropuertos y cruces por frontera terrestre.

Otra preocupación es que no existe un método para evaluar el rendimiento de los controles fronterizos existentes, principalmente porque el manejo de las rutas, las invasiones de insectos como un grupo taxonómico y las estrategias de detección óptima han sido poco estudiadas. Por lo tanto, hasta ahora, los controles fronterizos solo se han analizado de forma independiente utilizando datos de intercepción. Por lo que, existe el peligro de que haya inconsistencias entre los puntos de control fronterizo de México, lo que deja al país muy expuesto a la cuarentena de invasiones de insectos exóticos.

Variables como el volumen y la identidad de los bienes comercializados, su origen y destino, pueden integrarse con aspectos de la biología de los insectos para estimar la probabilidad de introducción involuntaria de insectos a través del comercio. Dichos datos se han utilizado para analizar los patrones de invasión global, con respecto a la importancia de los centros de transporte y el papel de la red aérea mundial combinada con la similitud climática en la dispersión de especies de vectores de enfermedades exóticas. Aunque se han realizado estudios de casos más específicos, como la determinación del riesgo de dispersión de los insectos del bosque con rutas comerciales específicas y las importaciones de esquejes de crisantemo (*Dendranthema grandiflora*) en los Países Bajos un análisis general de México se carece de controles fronterizos contra la introducción de insectos.

En México se manejan alrededor de importaciones anuales provenientes de aproximadamente países, entre los principales se encuentran Estados Unidos, Canadá, China, Brasil y Alemania (Figura 2).

IMPORTACIONES
DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS 2013

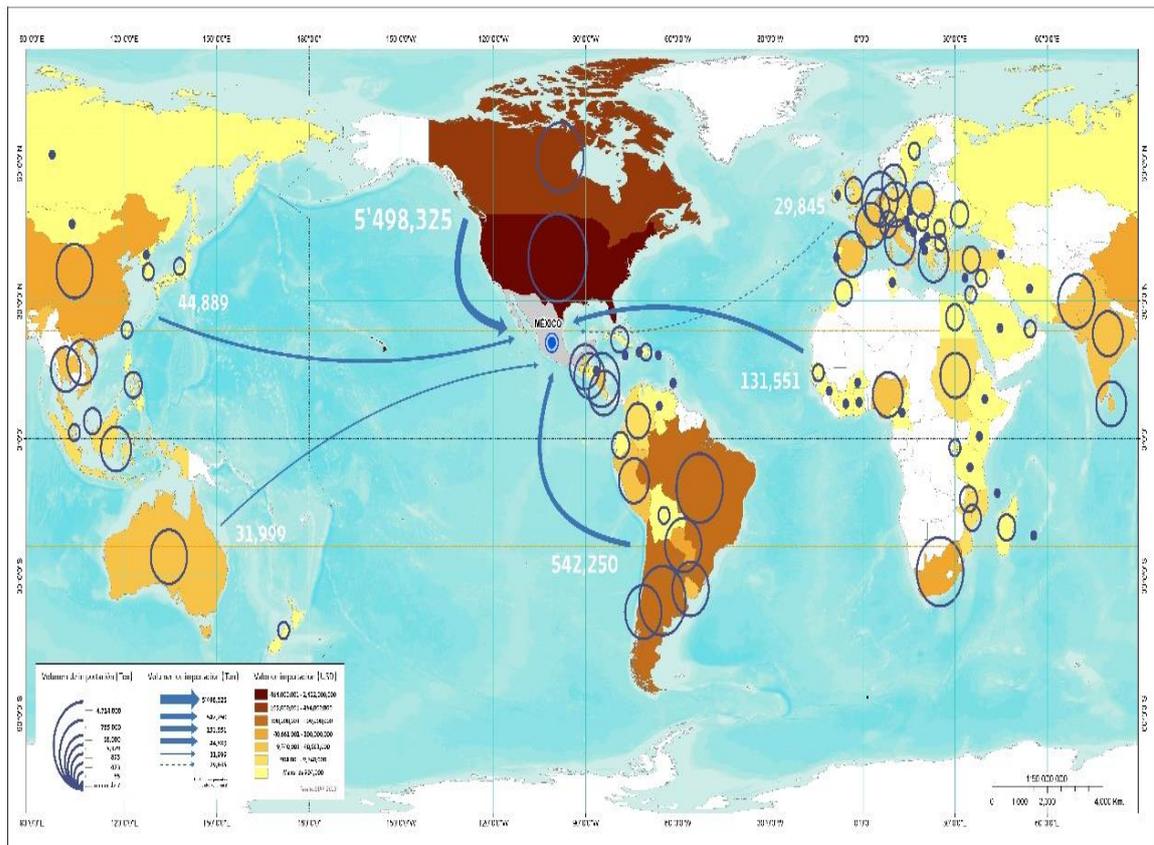


Figura 2. Flujo de importaciones en México

Fuente: Laboratorio Nacional de Geoprocusamiento de Información Fitosanitaria, 2015

Los procedimientos fitosanitarios implementados dentro de este sistema pueden incluir restricciones en el tipo, cantidad y el tratamiento de los bienes a importar aplicando medidas en el punto de entrada que puede incluir desde la inspección, pruebas y tratamiento de envíos, así como detención de envíos pendientes de estos resultados. Aunque estas medidas fitosanitarias están destinadas a plagas de plantas, los principios básicos se pueden aplicar por igual bien a todos los artrópodos. La identidad específica de artrópodos exóticos influye en la respuesta de un país, en la mayoría de los casos, solo artrópodos conocidos o sospechosos de causar pérdidas económicas están regulados en leyes internacionales (Goka et al., 2013; Saccaggi y Pieterse, 2013).

En general, para que una persona, artículo o envío pueda ingresar a un país, se deben cumplir varios estándares. Uno de ellos es la adherencia a los estándares fitosanitarios, incluida la integridad del envío (es decir, etiquetado preciso de los contenidos y productos), si se han cumplido las condiciones previas al envío (por ejemplo, tratamiento de desinfección post-cosecha o plaguicidas) y se encuentran libre de

organismos o sustancias extrañas nocivas podrá ingresar al país destino, en caso contrario se detendrá para su eliminación, cuarentena o retorno al país de origen (Figura 3).

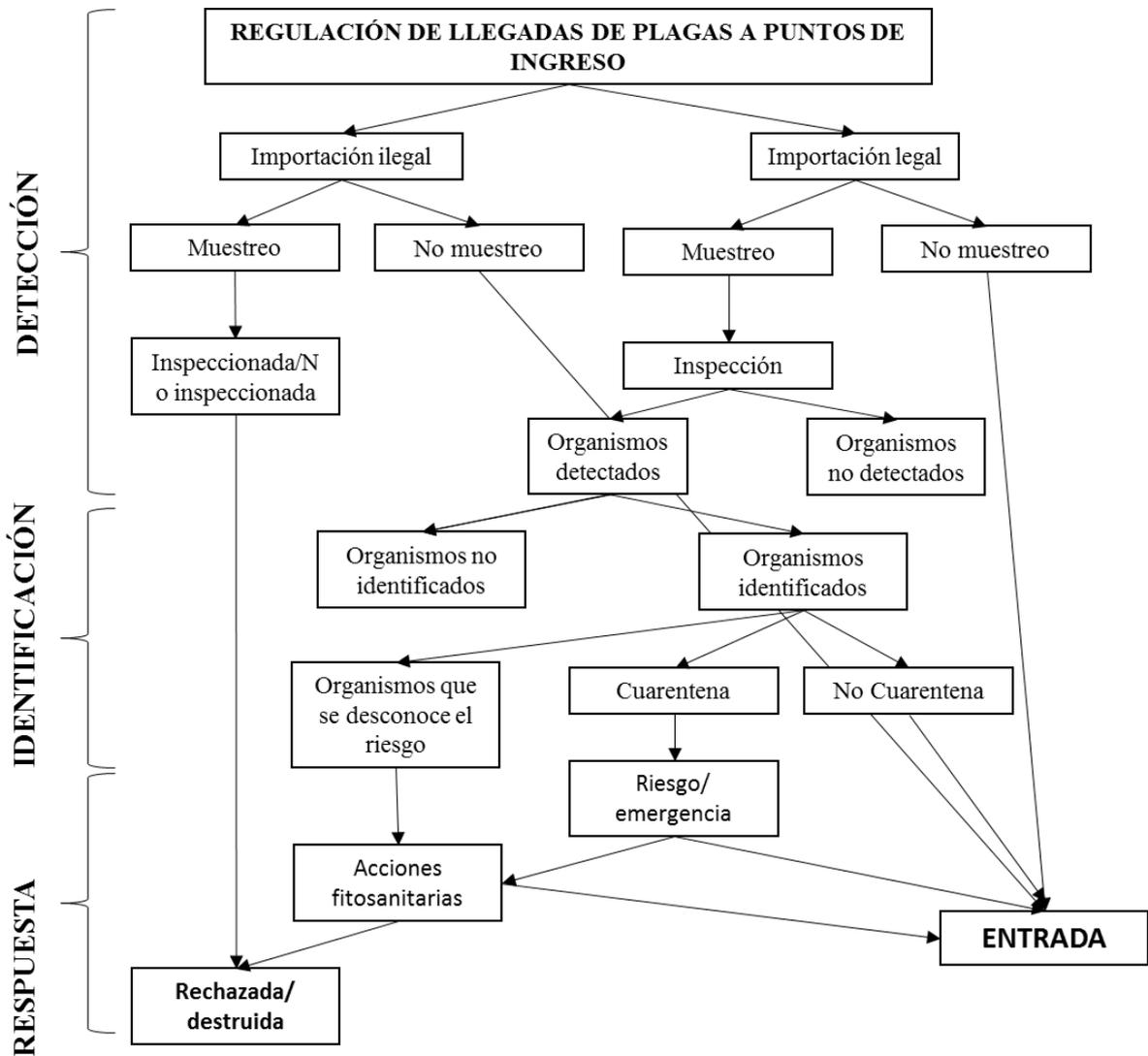


Figura 3. Árbol de decisiones en la regulación de la llegada de plagas exóticas a puntos de ingreso a México.

Fuente: SENASICA, 2010

La figura 3 presenta un ejemplo generalizado de un árbol de decisión para el proceso de inspección. Idealmente, se deben aplicar medidas fitosanitarias en el país exportador, y las inspecciones fronterizas se utilizan para verificar el cumplimiento de estas medidas (NIMF 12, FAO 2011a).

En la práctica, sin embargo, las medidas fitosanitarias pueden ser aplicadas de manera inconsistente (Venette et al., 2002) o descartadas completamente como en el caso de artículos importados ilegalmente (Figura 4, 5, 6 y 7) (Liebhold et al., 2006).



Figura 4. Paso peatonal de personas y vehículos pequeños en la frontera de Chiapas y Guatemala.



Figura 5. Paso de mercancía ilegal por el río Suchiate proveniente de Guatemala hacia Chiapas.



Figura 6. Mercancía transportada en vehículos particulares provenientes de Guatemala hacia Chiapas.



Figura 7. Paso de productos agrícolas provenientes de Guatemala ilegal y transportados en balsas hacia Chiapas.

Figuras 4, 5, 6 y 7. Paso de mercancía de Guatemala a México vía terrestre o acuática por el río Suchiate en Chiapas.

Por lo tanto, la responsabilidad desproporcionadamente grande se basa en la capacidad de los técnicos o las Oficinas de control fronterizo para aplicar las medidas de bioseguridad. Sin embargo, estas Oficinas de control fronterizo enfrentan severas restricciones y desafíos (Figura 8).

Las tres medidas de exclusión más importantes para detener las introducciones son: intercepción, tratamiento y prohibición. La primera implica imponer un reglamento en las fronteras. Para cada introducción intencional propuesta, se debería llevar a cabo una evaluación de los riesgos que implica. Las especies cuya entrada se permita o se prohíba tienen que ser incluidas en una lista sectorizada para difundir los resultados de dichas evaluaciones

El aumento en el comercio global no siempre ha sido igualado por un aumento en la capacidad de los organismos de inspección cobrados con la regulación de los riesgos asociados (Liebhold et al. 2006, 2012). Las agencias de inspección se enfrentan a un aumento en los rangos y volúmenes de productos importados que requieren inspección, pero tienen recursos limitados con los cuales para hacerlo (Venette et al., 2002; Liebhold et al., 2006, 2012; Surkov et al. 2008a) estiman una carga de trabajo anual promedio de 43 millones de plantas por inspector en las Oficinas de Inspección Sanitaria (OISA's) en el país.

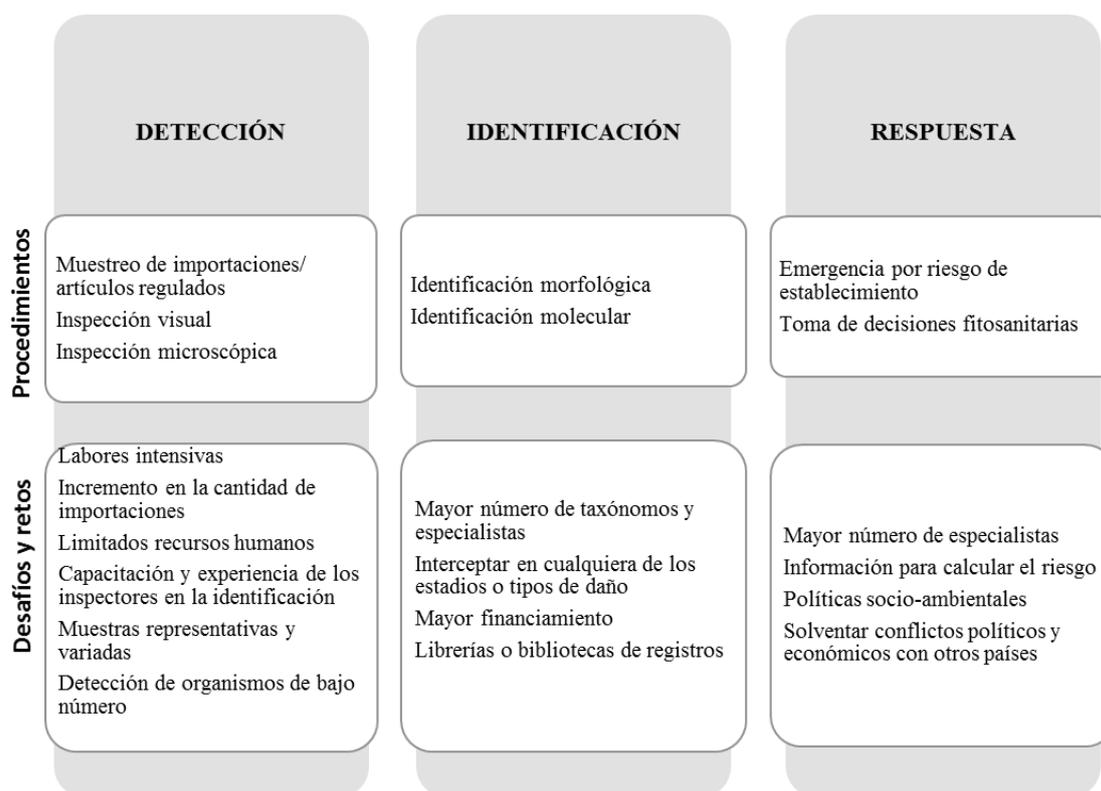


Figura 8. Resumen de los procedimientos y posibles limitaciones en cada etapa para la detección de una especie exótica.

La primera acción tomada por las OISA's es la inspección de artículos regulados (por ejemplo, Liebhold et al. 2012; Goka et al. 2013; Saccaggi y Pieterse 2013; Eschen et al. 2015a). Para artículos transportados ilegal o involuntariamente, inspección de viajeros, equipaje de pasajeros, contenedores y la maquinaria (por ejemplo, suelo) (Liebhold et al., 2006) se utilizan máquinas de rayos X y en adición perros rastreadores que podrían encontrar material oculto (Maynard et al., 2004). En algunas ocasiones los viajeros pueden ser cuestionados con respecto a recientes destinos y actividades que llevaron a cabo desde entonces, y esta información se puede utilizar para determinar si es necesaria una inspección adicional.

Los artículos regulados detectados de esta manera requerirían más inspección por un técnico de la OISA correspondiente para determinar si los organismos están presentes, y a partir de entonces siguen un árbol de decisión básico similar al que se describe en la Fig. 3. En algunos casos, la presencia de material ilegal es suficiente para tomar medidas, y el material simplemente se destruye sin más investigación. Cuando los recursos están disponibles, los artículos son confiscados y pueden ser examinados para la presencia de artrópodos y la identidad de los artrópodos detectados registrados (Liebhold et al., 2006; McCullough et al. 2006). En algunos casos, el estado del organismo (vivo o

muerto) juega un papel en la respuesta considerada apropiado (por ejemplo, McCullough y otros, 2006). Sin embargo, en realidad esto puede ser excepcionalmente difícil de determinar, especialmente sin un trabajo de laboratorio adicional.

Para productos importados legalmente el muestreo e inspección en el punto de entrada se emplea comúnmente como parte de un sistema de gestión fitosanitaria (NIMF 20, FAO 2004). La mayoría de las oficinas fronterizas de cada país han predeterminado estrategias de muestreo e inspección para productos legalmente importados, aunque estos pueden ser variables (Eschen et al. 2015a). Por ejemplo, los Estados Unidos rutinariamente inspecciona aproximadamente el 2% de la carga importada, ajustado de acuerdo con el riesgo percibido en el momento (Venette et al. 2002, McCullough et al. 2006). Para monitorear la efectividad de las inspecciones de rutina, se muestrea un pequeño subconjunto de carga de contenedores que ingresa a Estados Unidos más intensamente, con un 20-25% de selección aleatoria calculado estadísticamente inspeccionándolos a fondo (Work et al. 2005). En la Unión Europea los volúmenes y métodos de muestreo varían según los países y no existe una única estrategia de inspección óptima (Bacon et al., 2012; Eschen et al., 2015).

Adicionalmente, diferentes tipos de bienes a menudo están sujetos a diferentes estrategias de muestreo o inspección dependiendo la región o país. Por ejemplo, material vegetal importado para la propagación es usualmente manejado de manera diferente a la fruta destinada al consumo. El material de propagación puede ser muestreado e inspeccionado más intensamente debido al mayor riesgo de establecimiento de organismos extraños (por ejemplo, más inspecciones hechas microscópicamente de cada importación muestreada,) (McCullough et al. 2006; Liebhold et al. 2012; Craemer y Saccaggi, 2013; Saccaggi y Pieterse, 2013).

La inspección adecuada requiere de entrenamiento y dedicación de los técnicos encargados de realizarla y de tiempo suficiente, ambos de los cuales son típicamente un recurso limitado. Rara vez es factible inspeccionar cada artículo regulado que ingresa a un país (Venette et al., 2002; Work et al., 2005; Liebhold et al. 2012; Eschen et al. 2015a). La mayoría de las agencias, confía en los protocolos de muestreo para decidir qué inspeccionar (es decir, qué pasajeros, consignaciones o productos) así como cuánto de cada uno inspeccionar (Venette et al., 2002; FAO 2008).

Estas estrategias de muestreo deben basarse en directrices en la NIMF 31 (FAO 2008), pero son más frecuentemente basadas en la practicidad y las limitaciones de recursos (Venette et al. 2002; Hulme et al. 2008). Protocolos e intensidad de muestreo e inspección a menudo varían entre países, además los productos básicos e individuos puede cambiar con el tiempo. En adición, las muestras tomadas pueden verse obstaculizadas por consideraciones prácticas, como la dificultad de tomar muestras en grandes volúmenes de importación en un contenedor carga (Venette et al., 2002), lo que puede ocasionar imparcialidad.

En México en el periodo de 2000 a 2010 se registraron un total de 4031 intercepciones de plagas, que agruparon a 117 especies diferentes. Las plagas fueron interceptadas en 32 puntos de ingreso a México. De los cuales 22 % fueron en aeropuertos, 34 % en puertos, y 44 % en fronteras. La mayoría de las intercepciones se produjeron en los cruces fronterizos y puertos (Figura 5). En promedio, hubo 403 (SE \pm 509) intercepciones de plagas que se registran anualmente de 2001-2010, que van desde un mínimo de 47 en 2010 a un máximo de 1581 en 2005 (Figura 9).

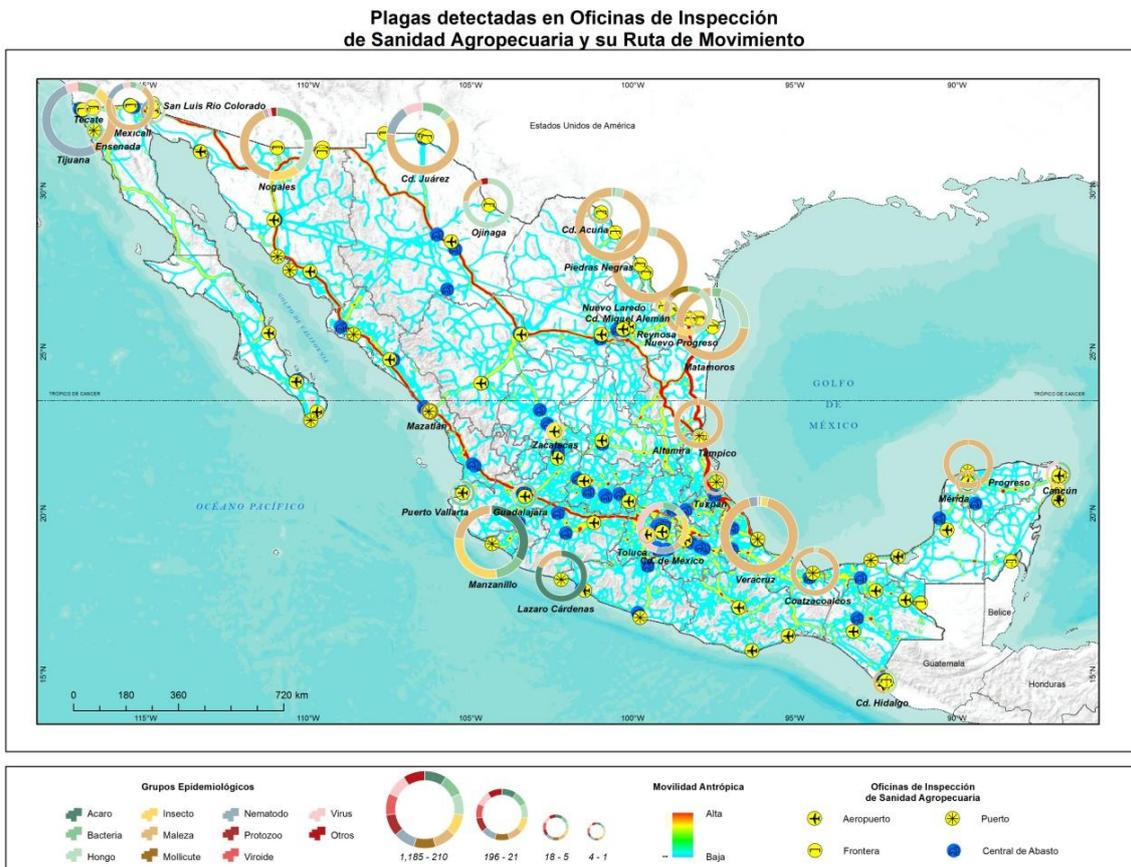


Figura 9. Intercepciones de plagas en Oficinas de inspección Sanitaria de México, en el periodo de 2001 a 2010.

Fuente: Base de datos SAGARPA-SENASICA 2009

El promedio de intercepciones por mes fue de 337, siendo abril el mes que se tuvieron menos registros (153) y febrero el que más registros se presentaron (543). Los productos importados provenían de 28 países diferentes, los países como Estados Unidos y Canadá representaron el 61 y el 27 % de todas las intercepciones, respectivamente (figura 10).

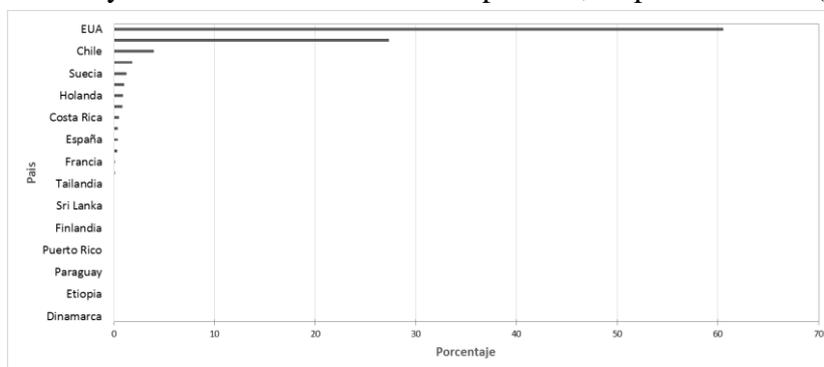


Figura 10. Número de organismos interceptados por país de 2001 a 2010.
Fuente: Base de datos SAGARPA-SENASICA 2009

Las malezas son el grupo que comprende mayor número de detecciones. Patógenos, artrópodos, y nematodos componen el 16.1, 7.1 y 7 % respectivamente (figura 8). Dentro de los patógenos se encuentran los hongos, bacterias y virus que representan el 39.8, 35.5 y 22.2 %; y dentro de los artrópodos los insectos ocupan el 58.6 % y los ácaros el 41.4 %. En general, el 64 % de las plagas en la base de datos fueron interceptadas en productos destinados para el consumo directo humano, como frutos frescos, hortalizas, granos y semillas. Un adicional 10 % de los registros se asociaron con material destinado a la propagación de plantas, esquejes, bulbos, semillas y raíces.

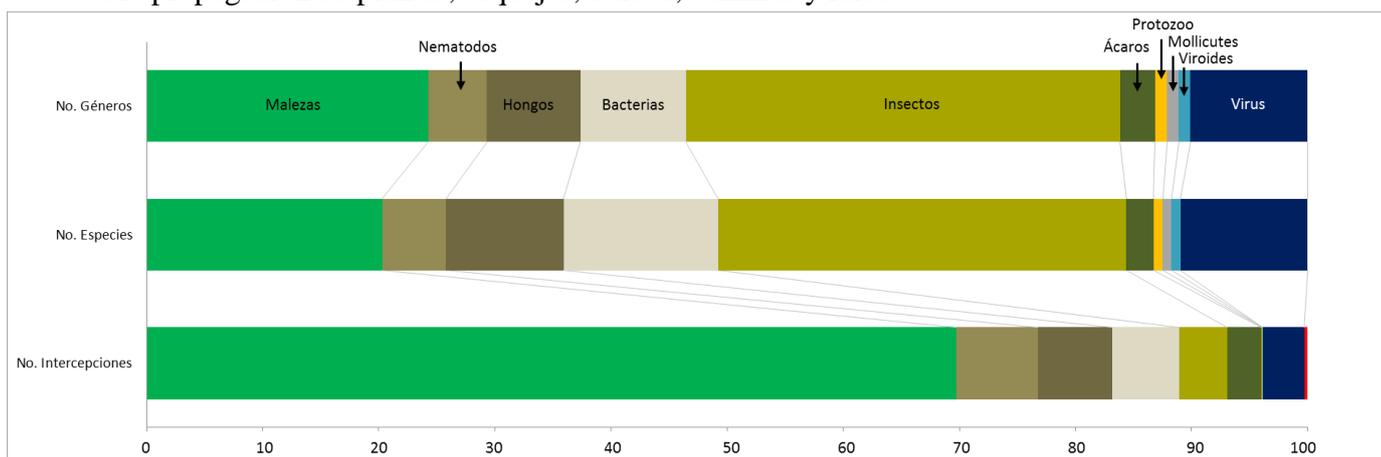


Figura 11. Porcentaje de organismos interceptados por grupo epidemiológico en el periodo de 2001 a 2010.
Fuente: Galindo, 2010

Las semillas como sorgo, ajonjolí, maíz, etc., traído para alimento y forraje destacan por ser los productos donde más se realizan detecciones de plagas (79%), específicamente malezas, hongos, bacterias y virus; en minitubérculos lo que más se

detectó fue nematodos, virus y bacterias; en frutos frescos como manzana, nectarina, ciruela, chabacano, uva y p ersimo lo que se encontró fueron insectos; en partes de la planta, utilizado como material de propagación, es más común encontrar patógenos y nematodos. (Tabla 1).

Tabla 5. Porcentaje de intercepciones de plagas por tipo de producto según su consumo.

Intercepciones por tipo de consumo de productos	
Uso	Porcentaje (%)
Ornamental	2
Industrial	6
Para siembra	10
Forrajero	18
Consumo humano	64
Total	100

Fuente: Base de datos SAGARPA-SENASICA 2009

Aproximadamente el 6 % de las plagas fueron interceptados por materiales clasificados como de no entrada, lo que indica que el material asociado con esta plaga no se permite la entrada de la plaga a México. El número de intercepciones se resume a todos los taxones de plagas por país y por continente o región del mundo de origen. La mayoría de las plagas interceptadas eran de América del Norte, es decir generalmente de los Estados Unidos (50.7 %) y Canadá (30.1 %), muchas plagas también provenían de Chile (4.22 %) y el resto (9 %) de otros países (Figura 10, 12 y 13).

Origen de plagas detectadas en Oficinas de Inspección de Sanidad Agropecuaria y Volumen de Exportación

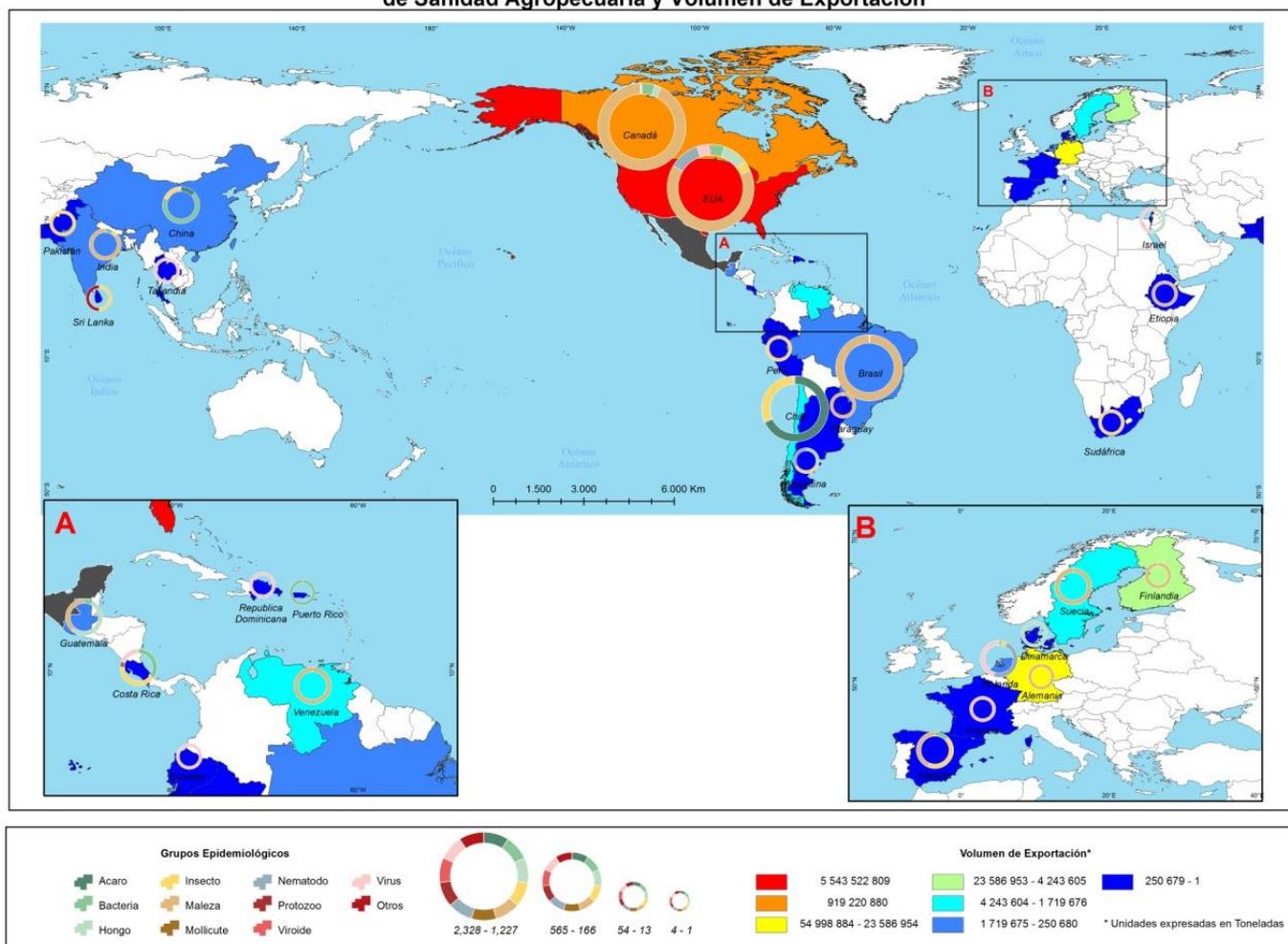


Figura 12. Origen de las plagas interceptadas.

Fuente: Base de datos SAGARPA-SENASICA 2009

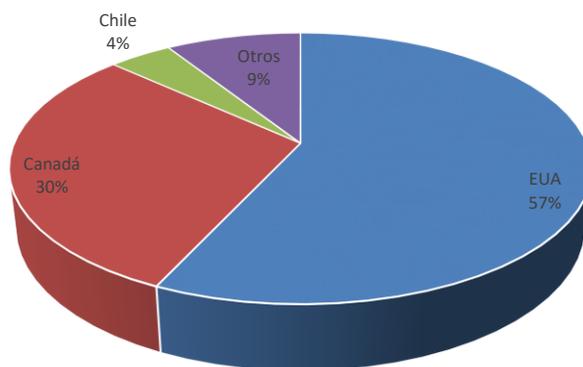


Figura 13. Origen de las intercepciones de plagas que logran entrar a México.

Fuente: Base de datos SAGARPA-SENASICA 2009

Las plagas de importancia cuarentenaria incluyen insectos que se alimentan de plantas vivas, ácaros, moluscos, patógenos de plantas y nematodos. Las plantas o semillas de plantas que son interceptados se registran en la base de datos sólo si están registrados en el listado Federal de malezas (SENASICA, 2012; Galindo, 2011). Insectos u otros organismos que están muertos a la llegada, organismos que colonizan sólo el material vegetal muerto como la madera, las especies nativas, no indígena especies con distribución y organismos cosmopolita tales como los depredadores que no son fitófagos generalmente se excluyen de la base de datos.

Las malezas fueron el grupo que presentaron mayor número de intercepciones asociadas con el material clasificado como semillas, siendo un total de 2850, divididos en 26 géneros, 26 especies, de las cuales *Polygonum convolvulus* fue la especie que presento un 43 % de intercepciones seguida de *Thlaspi arvense* con un 17%. Las especies interceptadas generalmente eran detectadas en granos y semillas provenientes de los Estados Unidos y de Chile.

Los insectos fueron interceptados constantemente en tasas menores que las malezas, bacterias y que los nematodos, pero mayores que otros taxones, sin embargo, es el grupo que presenta mayor riqueza de especies. En promedio, hubo 170 intercepciones de insectos registradas. En 113 de los registros fueron lepidópteros, 31 hemípteros, 17 coleópteros, 3 dípteros y 1 thysanoptero. Representando a un total de 5 órdenes, 16 familias, 29 géneros y 38 especies (Figura 14).

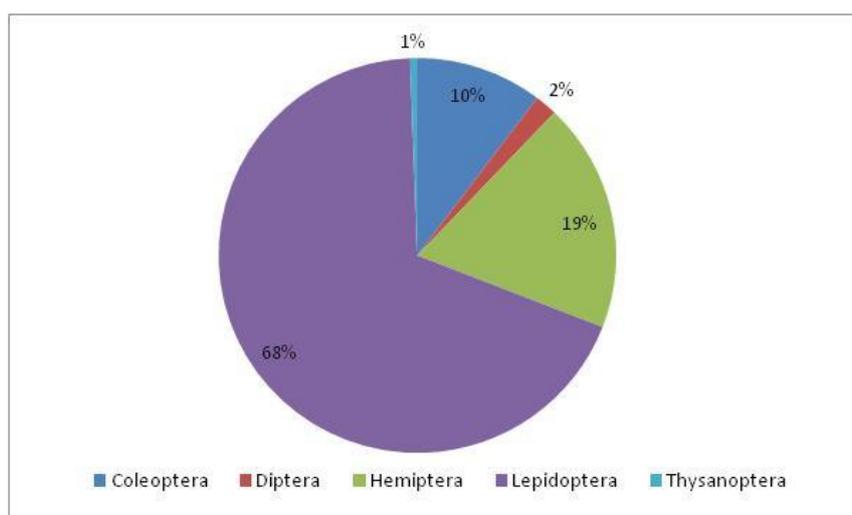


Figura 14. Registro de intercepciones de insectos por órdenes
Fuente: Base de datos SAGARPA-SENASICA 2009

Los insectos se originaron en al menos 259 localidades, incluyendo estaciones previas a la partida. Estados Unidos, el país más frecuentemente registrado como origen de las especies, contabilizadas con el 17% de todos los registros de insectos en la base de datos. Para el caso de los insectos se podría decir que existe una asociación con fruta (durazno, cítricos, uva y persímo) y otros productos, semillas, plantas ornamentales y flores cortadas enviadas, sin embargo, no es posible comprobarlo ya que los datos con los que se cuenta no cubren la totalidad de los registros en México además que cada uno de los grupos taxonómicos presentan distintas características y hábitos que dificultan su detección (Tabla 2).

Tabla 6. Características generales de los taxones de artrópodos y las implicaciones para la bioseguridad en las fronteras y el potencial de invasión.

Grupo	Características	Inspecciones	Hábitos
Insectos Ácaros	Tamaño corporal pequeño y críptico	<p>Difícil de detectar e identificar durante la frontera</p> <p>Alta diversidad de especies lo que genera incertidumbre en la determinación del estatus en el país.</p> <p>Requiere una variedad de expertos taxonómicos</p> <p>Se necesita un gran número de guías o diversos expertos</p> <p>Presentan diferentes estadios que pueden ser difíciles de identificar hasta especie.</p>	<p>Muchas son plagas agrícolas</p> <p>Las poblaciones que se establecen pueden aumentar y generar poblaciones grandes.</p> <p>Mayor probabilidad de establecimiento, incluso de un pequeño individuo.</p> <p>Tienen alta tasa de reproducción.</p>
Hongos Bacterias	Microscopicos	<p>Requiere de equipo especializado (por ejemplo, microscopios) o métodos moleculares que pueden ser costosos)</p> <p>Muchas especies no descritas por lo que crean incertidumbre en la identificación y sobre cómo responder a las intercepciones</p>	<p>Pueden estar asociados a cultivos, animales o humanos.</p> <p>Se propagan rápidamente si encuentran el ambiente adecuado.</p> <p>Si necesita de un vector para poder continuar con su ciclo biológico y no esta, puede ser que se elimine fácilmente.</p>

Malezas		<p>Pueden estar asociados a material vegetal o productos agrícolas.</p> <p>Al ser abundantes su detección es más sencilla</p> <p>Mayor probabilidad de que individuos estén presentes en artículos regulados.</p>	<p>Si el vector está presente pero no la enfermedad.</p> <p>Alta probabilidad de establecimiento</p> <p>Habilidad para sobrevivir en condiciones adversas</p> <p>Un solo espécimen puede reproducirse fácilmente.</p>

La intensidad y el tipo de inspección, la experiencia, y dedicación del inspector puede influenciar en gran medida los organismos que se detectan en artículos inspeccionados. Para artículos regulados, la mayoría de los países realizan una inspección visual en el punto de entrada (McCullough et al., 2006; Bacon et al. 2012). Esta inspección no detectará pequeños organismos o animales ocultos o incluso microorganismos a menos que sean obvios los signos de infestación presentes (McCullough et al. 2006). Esto dificulta aún mas la búsqueda porque muchos artrópodos son pequeños y se encriptan o pasan por distintos estadíos, y por lo tanto es poco probable que se detecten de esta manera.

Al final la identificación precisa es clave para la toma de decisiones (Maynard et al., 2004). Sin embargo, esto requiere tiempo y experiencia, que a menudo son cortos suministro en las oficinas fronterizas (Navia et al., 2007; Lichtenberg et al. 2008; Navajas y Ochoa, 2013). Ocasionalmente, las identificaciones pueden ser realizadas por inspectores, pero estos no son especialistas taxónomos lo que debería ser fundamental para permitir identificaciones confiables (Maynard et al. 2004; Navia et al. 2007, 2010) ya que existen características generales de cada uno de los taxones de los artrópodos que permitirían relacionarlos con su potencial de invasión (Tabla 2).

Las estrategias de inspección que utilizan las OISA's están en gran medida determinadas por el tiempo y limitaciones de capacidad (Surkov et al., 2008a; Eschen et al. 2015a), disponibilidad de recursos (Navia et al. 2007) y el riesgo percibido de la importación (por ejemplo, Bacon et al. 2012; Liebhold et al. 2012; Craemer y Saccaggi 2013). Una vez que se detecta un organismo en un envío, necesita ser identificado para determinar el riesgo que poses.

La dificultad para ser detectados permitirá que puedan ingresar al territorio y tengan oportunidad de establecerse como fue el caso de las plagas que se introdujeron en México durante el periodo de 1994 a 2013.

5.2 PLAGAS INTRODUCIDAS

La introducción, de estas nuevas plagas presenta una posibilidad de afectar a más de 29 sistema 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. Actualmente se tienen identificados 15 artrópodos (insectos) que afectan principalmente a más de 15 sistemas productos y 7 patógenos que afectan a 12 sistemas productos, entre otros (Tabla 3), además estas plagas y enfermedades registradas son las que presentan un daño directo sobre la producción.

Tabla 7. Plagas introducidas en México en el periodo de 1999 a 2013.

Año	Grupo epid.	Plaga	Pérdidas potencia les	Sistemas Product o	Fuente	Control oficial(DGSV)
2013	Insecto	Pulgón amarillo del sorgo [Melanaphis sacchari]	10-31%	Sorgo	INIFAP, 2014; SENASICA, 2015.	Si
2012	Insecto	Palomilla marrón de la manzana [Epiphyas postvittana]	5-70%	Manzana , pera	SCOPE, 2012.	Si - erradicada
2011	Insecto	Mosca del vinagre de alas manchadas [Drosophila suzukii]	20-100%	Ciruela, Durazno Frutillas	NAPPO, 2011; SENASICA, 2011; SCOPE, 2012.	SI
2011	Insecto	Mal de Panamá [Fusarium oxysporum f.sp. Cubense]	100%	Plátano	SCOPE, 2011.	Si - erradicada
2011	Insecto	Palomilla del tomate [Tuta absoluta]	50-100%	Jitomate	SCOPE, 2011.	Si - erradicada

2010	Insecto	Roya anaranjada [Puccinia kuehnii]	40%	Caña de azúcar	NAPPO, 2010.	Si
2009	Insecto	Carbón del arroz [Tilletia barclayana]	10-40%	Arroz	DGSV, 2009; DOF, 2011.	
2009	Bacteria	Enfermedad de Pierce [Xylella fastidiosa subsp. fastidiosa]	20-30%	Uva	NAPPO, 2009.	Si
2009	Bacteria	Huanglongbing, HLB [Candidatus Liberibacter asiaticus]	23-50%	Cítricos	NAPPO, 2009.	Si
2009	Insecto	Moniliasis en cacao [Moniliophthora roreri]	80%	Cacao	NAPPO, 2009.	Si
2009	Insecto	Psílido asiático de los cítricos [Diaphorina citri]	30-100%	Cítricos	Graça y Korsten, 2004.	Si
2009	Ácaro	Ácaro rojo de las palmas [Raoiella indica]	75%	Palmas, plátano	NAPPO, 2010.	Si
2008	Virus	Enfermedad pegajosa de la papaya o “meleira” [Papaya meleira virus]	30-100%	Papaya	Pérez Brito et al., 2012; DGSV, 2013. (African Journal of Biotechnology Vol. 11 [71]. 2012).	SI
2006	Ácaro	Ácaro del vaneo del arroz [Steneotarsonemus spinki]	30-90%	Arroz	NAPPO, 2007	Si
2006	Viroide	Mancha de sol del aguacate [Avocado sunblotch avsunviroid]	Cierre de frontera	Aguacate	De la Torre et al., 2009 (Plant Disease Vol. 93 No. 2 [2009]).	Si
2006	Insecto	Palomilla del nopal [Cactoblastis cactorum]	100%	Nopal	NAPPO, 2010.	Si erradicada

2005	Virus	Leprosis de los cítricos [Citrus leprosis virus]	100%	Cítricos	NAPPO, 2010.	Si
2005	Insecto	Roya asiática en soya [Phakopsora pachyrhizi]	30-90%	Frijol, soya	NAPPO, 2010.	Si
2005	Insecto	Roya de la Teca [Olivea tectonae]	30%	Teca	NAPPO, 2005.	
2005	Insecto	Roya del Gladiolo [Uromyces transversalis]	30-90%	Gladiolo	NAPPO, 2005.	Si
2005	Insecto	Trips oriental [Thrips palmi]	50-90%	Frijol, jitomate, soya, papa	SENASICA, 2010.	Si
2004	Insecto	Mosca del Mediterráneo [Ceratitis capitata]	25-80%	Aguacate, jitomate, chile, cítricos, café, uva, plátano, mango, papaya	NAPPO, 2004; NAPPO, 2005.	Si - erradicada
2004	Insecto	Picudo Cazador [Sphenophorus venatus vestitus]		Pastos	León, 2009.	
2002	Insecto	Palomilla oriental de la fruta [Grapholita molesta]	60%	Manzana, durazno	DOF, 2002a	Si erradicada
2002	Insecto	Piojo harinoso de la vid [Planococcus ficus]	100%	Uva	DOF, 2002.	Si
2000	Insecto	Mosca del olivo [Bactrocera oleae]	20-30%	Aceituna	DOF, 2000.	Si
1999	Insecto	Cochinilla Rosada del Hibisco [Maconellicoccus hirsutus]	100%	Maíz, caña de azúcar, frijol, aguacate,	SENASICA, 2008.	Si

				jitomate, etc.		
1999	Insecto	Escama blanca del mango [Aulacaspis tubercularis]	50%	Mango	Urías-López y Flores, 2005. (Sociedad Mexicana de Entomología, Vol. 4. 2005).	
1999	Insecto	Pulgón café de los cítricos [Toxoptera citricida]	50%	Cítricos	Michaud y Álvarez, 2000 (Florida Entomologist Vol. 83 No. 3 [2000]).	Si
1997	Insecto	Ergot del sorgo [Claviceps africana]	10-15%	Sorgo	Velásquez-Valle et al., 1998.	
1994	Bacteria	Zebra Chip [Candidatus Liberibacter solanacearum]	60%	Papa	Secor et al., 2009; SCOPE, 2011. (Plant Disease / Vol. 93 No. 6).	

Estas nuevas plagas pueden provocar pérdidas que van del 20 - 100% de la producción esto según reportes en los países de origen y dependiendo la región del país donde se encuentren (Figura 15). Pero además del costo al combate, el costo al ambiente y aún no se desconoce cual sería el costo para los productores de subsistencia, la presencia puede provocar el cierre de mercados, afectando las exportaciones de los productos y subproductos agropecuarios a países a donde esas plagas no están presentes (OIRSA, 2009).

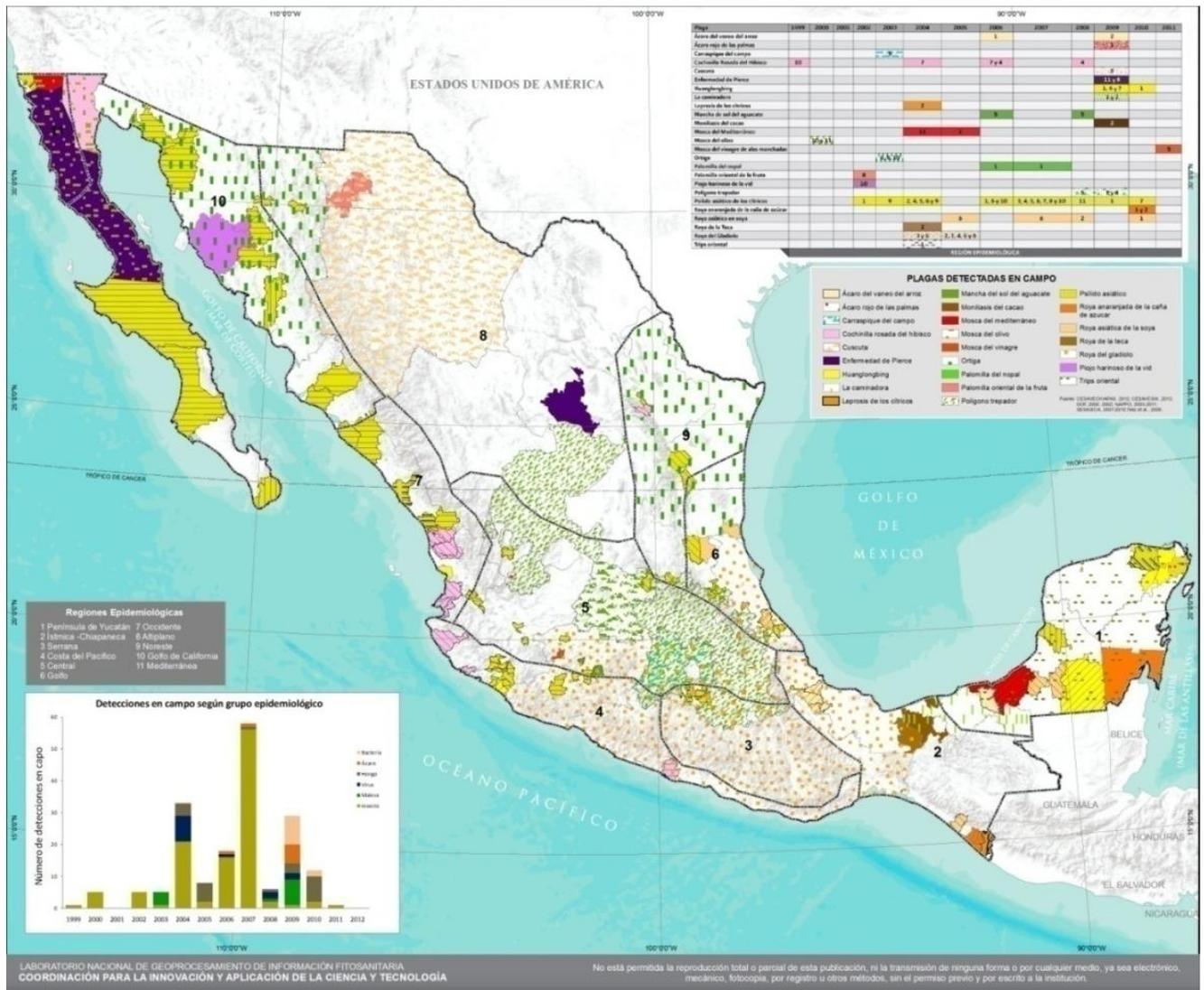


Figura 15. Plagas introducidas en México por Región epidemiológica.

Fuente: LaNGIF 2010

Las regiones epidemiológicas donde se concentra el mayor número de nuevas plagas y enfermedades en México corresponden a nodos de gran actividad turística (1 Península de Yucatán y 2 Istmica Chiapaneca) donde se tiene el arribo de más de 3000 vuelos internacionales y 200 barcos de turismo (Figura 13). Corresponden a los corredores turísticos siguientes: Rivera y Costa Maya y Palenque-Agua Azul que reciben más de 2 millones de visitantes internacionales al año, sobre todo Yucatán y Quintana Roo.

En esta región se introdujeron oficialmente en 2002 *Diaphorina citri*, 2004 *Trips palmi*, 2006 *Cactoblastis cactorum*, 2009 Huanglongbing (HLB), *Raoullia indica* y roya

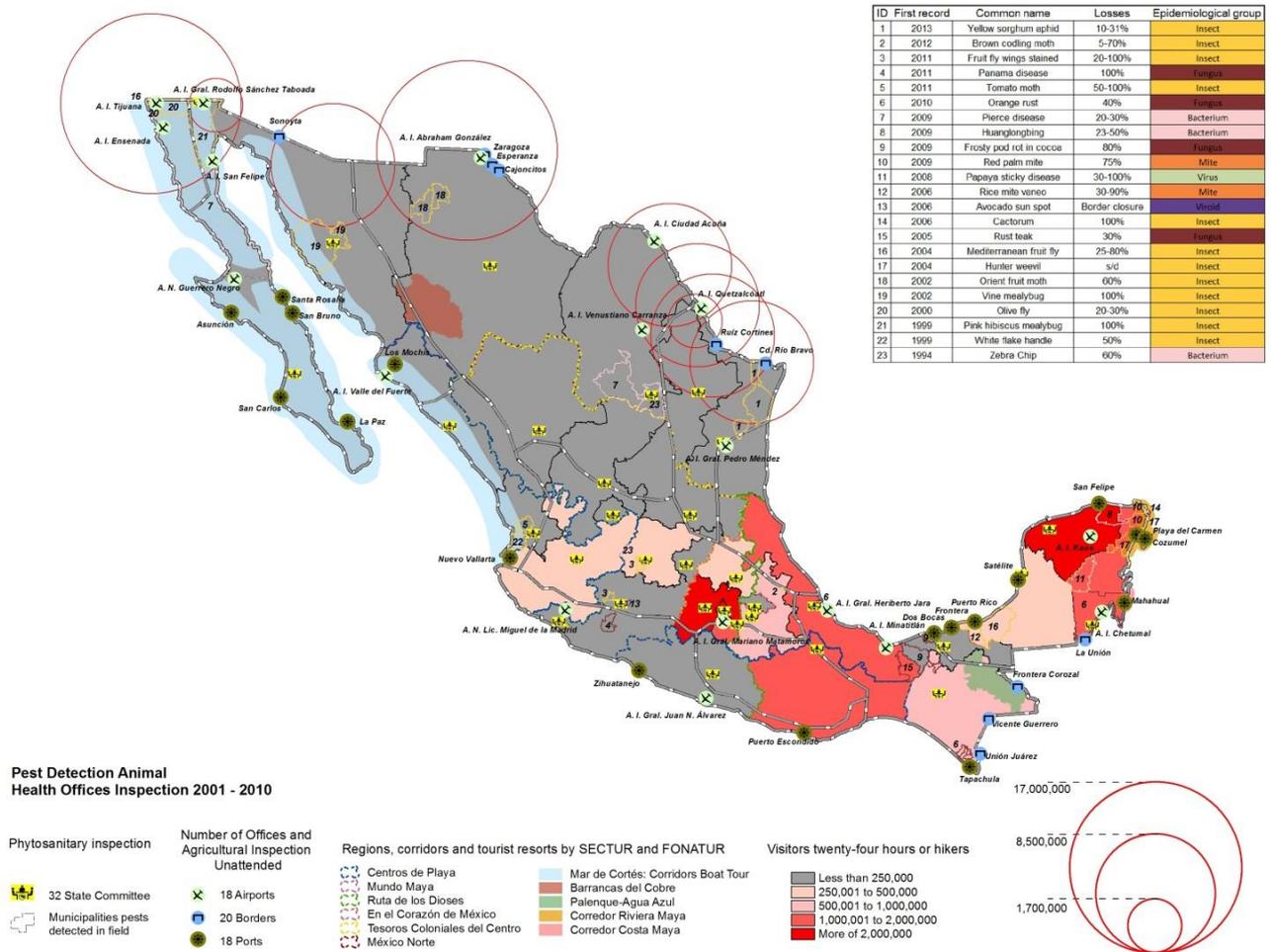


Figura 16. Flujo de llegada de turistas en México por Región Epidemiológica en el periodo de 2001 a 2010.

Fuente: Galindo, 2010 sin publicar

da la caña de azúcar. Localizadas en jardines de hoteles de gran turismo, áreas naturales protegidas, jardines urbanos y traspatios (Tabla 4). Presenta más de 9 puertos marítimos de gran calado para recibir más de 30 cruceros al año (figura 18). 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 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, esto población mexicana que pasa a EUA para trabajar durante el día y regresa a México por la tarde, donde se ubican los municipios de Tijuana y Mexicali en Baja California Norte y Hermosillo, Sonora.

Contrario a lo que se pensaría que las plagas agrícolas no solo estuvieron presentes en cultivos, también se realizaron registros en áreas urbanas y áreas naturales protegidas lo que permite identificar algunos de las áreas de establecimiento de estas plagas antes de llegar a causar un impacto a las actividades agrícolas (Tabla 4).

Tabla 8. Registro de plagas agrícolas detectadas en México de acuerdo al sitio de detección, en el periodo de 2010 a 2015.

DETECCION DE PLAGAS AGRICOLAS POR AREA DE DETECCION DURANTE EL 2010-2015 EN MEXICO (SCOPEmx, 2015)															
Plaga	Agrícola comercial	Pastizal	S/D	Vivero	Área Protegida (ANP)			Natural Traspatio							
					Estatal/Agri.-riego	Federal	Traspatio ANP-Federal	Hotel	Terminal-	Trailer Park	Urbana	Base	Baldío	Taquería	
Roya Asiática de la soya [Phakopsora pachyrhizi]	373	7 2	2									9			
Pulgón café de los cítricos [Toxoptera citricida]	1														
Cochinilla rosada del hibisco [Maconellicoccus hirsutus]	15	2	2 9	8			31	2	1	3	2 9		3	1	
Enfermedad de Pierce [Xylella fastidiosa subsp. fastidiosa]	3														
Leprosis de los cítricos [Citrus leprosis rhabdovirus]	46		1 8		1										
Roya anaranjada de la caña de azúcar [Puccinia kuehnii]	154	7	5												
Moko del plátano [Ralstonia solanacearum raza 2]	18		2												
Zebra Chip [Candidatus Liberibacter solanacearum]	4				2										
Mosca del vinagre de alas manchadas [Drosophila suzukii]	1														
Mal de Panamá	1														
Palomilla del tomate [Tuta absoluta]	1														
Acaro rojo de las palmas [Raoiella indica]	22	1 3	7	3		4	11	1 1			8	3			
Palomilla marrón de la manzana [Epiphyas postvittana]	2														
Total de detecciones	641	9 4	6 3	1 1	3	4	42	1 3	1	3	4 6	3	3	1	

Esto permite establecer una necesidad de que las invasiones biológicas sean abordadas también desde las ciencias sociales para que puedan contribuir a abordar las crisis que surgen del crecimiento exponencial en plagas invasoras puesto que cada uno de los contextos es sukmamente complejo y no puede dejarse solo al análisis biológico del organismo. Sin embargo, hasta la fecha, ha habido una escasez de investigación sobre las dimesniones sociales de la fitosanidad, es decir, la salud de las plantas a pesar de que ha sido reconocido que los factores sociales son influyentes en las vías de introducción, dispersión y en los resultados de manejo son exitosos en las especies invasoras (Crowley et al. 2017; Bennett et al. 2017).



Figura 17. Plantulas de naranja en vivero no certificado en el municipio de Río Verde, SLP.



Figura 18. Jornaleros empacando platanos en material de embalaje reciclado, Tabasco.



Figura 19. Camiones que transportan naranja Río Verde, SLP.



Figura 20. Residuos de coco en las Central de Abasto de SLP.



Figura 21. Empacado de plátano, Tabasco.

5.3 ESTABLECIMIENTO

El establecimiento de una especie exótica dependerá de diversos factores, entre ellos la capacidad de la especie para adaptarse al nuevo entorno, la disponibilidad de alimento o recursos, la respuesta de las autoridades para contenerla o erradicarla y el nivel de impacto del área de introducción, es decir si un área esta más impactada será más probable que una especie pueda establecerse. Esto porque los ecosistemas son sistemas considerados como la unidad básica de interacción organismo-ambiente resultado de complejas relaciones existentes entre componentes físicos o abióticos y biológicos o bióticos condicionantes para la reproducción y perpetuación de una población (Nebel & Wright, 1999).

Para esta coexistencia son necesarias infinidad de funciones que mantendrán así la sustentabilidad del sistema relaciones intraespecíficas e interespecíficas, condiciones ambientales y ciclos biogeoquímicos. De hecho, los virus, las bacterias o los protozoos causantes de enfermedades son llamados microparásitos y son parte de la funcionalidad y biodiversidad dentro de los ecosistemas naturales (Wilcox & Ellis, 2006).

La funcionalidad de los ecosistemas, como en todo sistema dinámico, hacen mantener un equilibrio en el flujo energético de entradas y salidas en sus distintos procesos es decir en completa entropía (Palacio, 1998). Un ecosistema con mayor cantidad de interrelaciones entre sus componentes lo hace más biodiverso, al momento de poder albergar infinidad de especies. En ellos el efecto de dilución, que es la forma de como los ecosistemas proporcionan un efecto regulador de enfermedades infecciosas, se mantiene debido a la alta diversidad de especies en equilibrio. En estos ecosistemas las plagas y enfermedades también ocupan un nicho ecológico cíclico y único en alguna de las especies y por el efecto de dilución se evita la propagación, invasión y transmisión a otros organismos (Patz, 2005). En consecuencia, una alta biodiversidad de especies puede reducir el establecimiento y dispersión de especies exóticas mediante el efecto de dilución (Keesing, y otros, 2010).

Por el contrario, la pérdida de biodiversidad o la baja biodiversidad representa un factor de incremento de plagas y enfermedades infecciosas; de esta manera se afecta directamente a la funcionalidad del ecosistema perdiendo por ende el equilibrio y regulación en los nichos ecológicos. La pérdida de biodiversidad, en el cual se incluyen el remplazo de las especies, la extinción de especies clave de depredadores, la variación en la densidad poblacional de estas y la disminución de la fauna, es a causa de los cambios antrópicos, donde la deforestación y la fragmentación son las peores amenazas a la que se enfrenta la biodiversidad (Miranda García, 1998).

Los ecosistemas, que por naturaleza son heterogéneos en su paisaje al albergar distintas especies, son convertidos en paisajes homogéneos por el ser humano, estando comprobada la reducción de la funcionalidad de este tipo de paisajes (Van de Plas, et al, 2016). Ejemplos de cambios antrópicos directos que afectan la pérdida de biodiversidad son la destrucción, conversión o invasión de los hábitats naturales de vida silvestre mediante la deforestación, reforestación convirtiéndolos en ecosistemas jóvenes como lo son los lugares de agricultura y ganadería o en ambientes artificiales como los espacios urbanizados (Patz, 2005).

Ahora bien, si los efectos visibles de este impacto es la deforestación, esta no es la principal consecuencia. En un primer punto, es que al momento de destruir el hábitat de las distintas especies que habitan en estos ecosistemas surge el efecto borde, aplicando la teoría la biogeografía de Islas, provocado por los parches o remanentes de vegetación

natural restantes, como consecuencia su biodiversidad se simplifica y surge la fragmentación del hábitat (Heather Bird & Lenore, 2013). La fragmentación del hábitat o del paisaje es el efecto visible espacialmente y que influye en la abundancia y composición de grupos, además de dar ventaja a que las poblaciones de especies invasoras y generalistas tengan tasas de reproducción más alta, aumentando el riesgo (Brownstein, Skelly, Holford, y Fish, 2005).

Otro efecto es la adaptación de especies silvestres al entorno artificializado. Una vez que el humano modifica los nichos naturales de las especies, algunas se extinguen y en cambio otras se adaptan a sus nuevos ambientes perturbados, llegando a evolucionar y convertirse en especialistas en estos paisajes artificializados y homoginizados que creó el ser humano, a lo que se llama domesticación y plasticidad (Brown, et al, 2014).

En este sentido se comprende la implicación que tiene la salud ambiental de los ecosistemas en el establecimiento y dispersión de especies exóticas, sin embargo, la salud de los ecosistemas ha sido abordada como un tema aparte de la fitosanidad. Considerando lo anterior, se comenzó por recopilar la información espacial de las Áreas Naturales Protegidas en México y se consideró el número de plagas detectadas en el país para poder establecer la relación geográfica entre el estado de conservación de un área y la susceptibilidad para que se establezcan las especies exóticas (Figura 22).

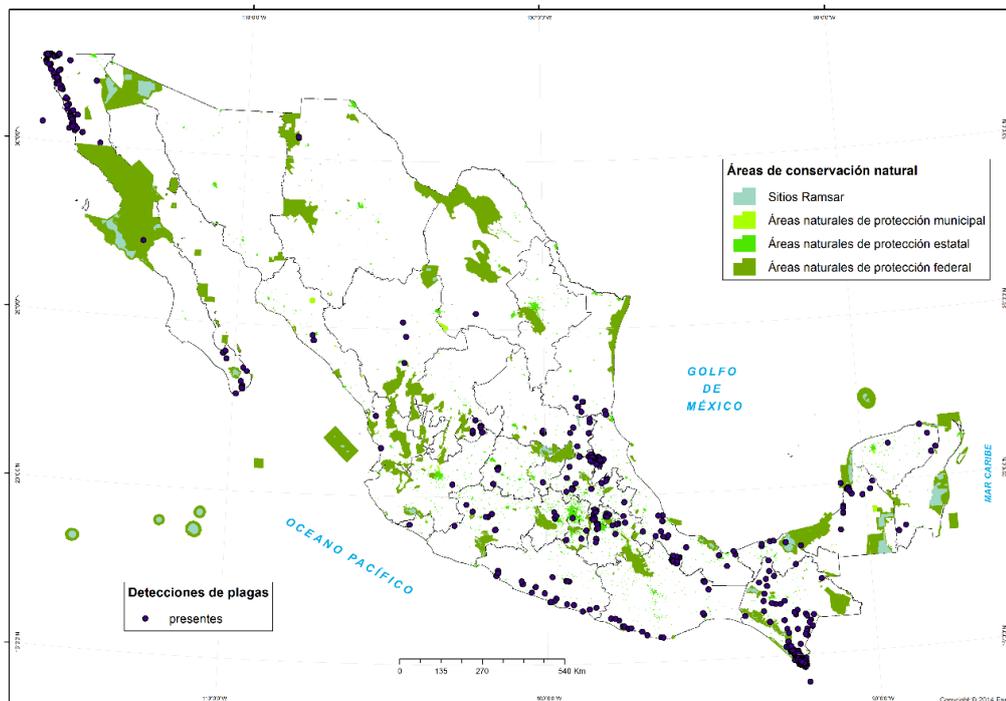


Figura 22. Plagas detectadas en Áreas Naturales Protegidas.

Fuente: SCOPE Mx 2015

En este sentido se observa que son pocas las áreas que presentan plagas registradas en su superficie, sin embargo, se desconoce algunos aspectos como el estado de salud de las áreas, si se realizó o no la búsqueda de plagas en su interior. Por lo que se analizó el impacto de las áreas como otra variable a considerar.

Áreas de Impacto Ambiental (AIA): se asume como uno de los factores que contribuyen como causa, establecimiento y dispersión de plagas y enfermedades; la expansión de las poblaciones humanas en zonas forestales provoca la deforestación de estas áreas y en donde particularmente, las enfermedades transmitidas por vector aumentan su carga sobre estos nuevos asentamientos locales (Colfer, Sheil, Kaimowitz, & Kishi, 2006) por lo cual, como mencionan Wilcox y Ellis (2006), no debe sorprender el rastreo de las plagas involucren la flora y fauna además de que la deforestación típicamente reduce la diversidad. Paradójicamente, mientras la deforestación puede dirigir a la aparición de plagas y enfermedades infecciosas en las plantas, la reforestación también puede propiciar a incrementar oportunidades para la aparición de plagas y enfermedades (Whasher, 2010) debido a la búsqueda del restablecimiento del ciclo ecológico ya perturbado. Es decir, las áreas reforestadas son áreas también de Impacto Ambiental.

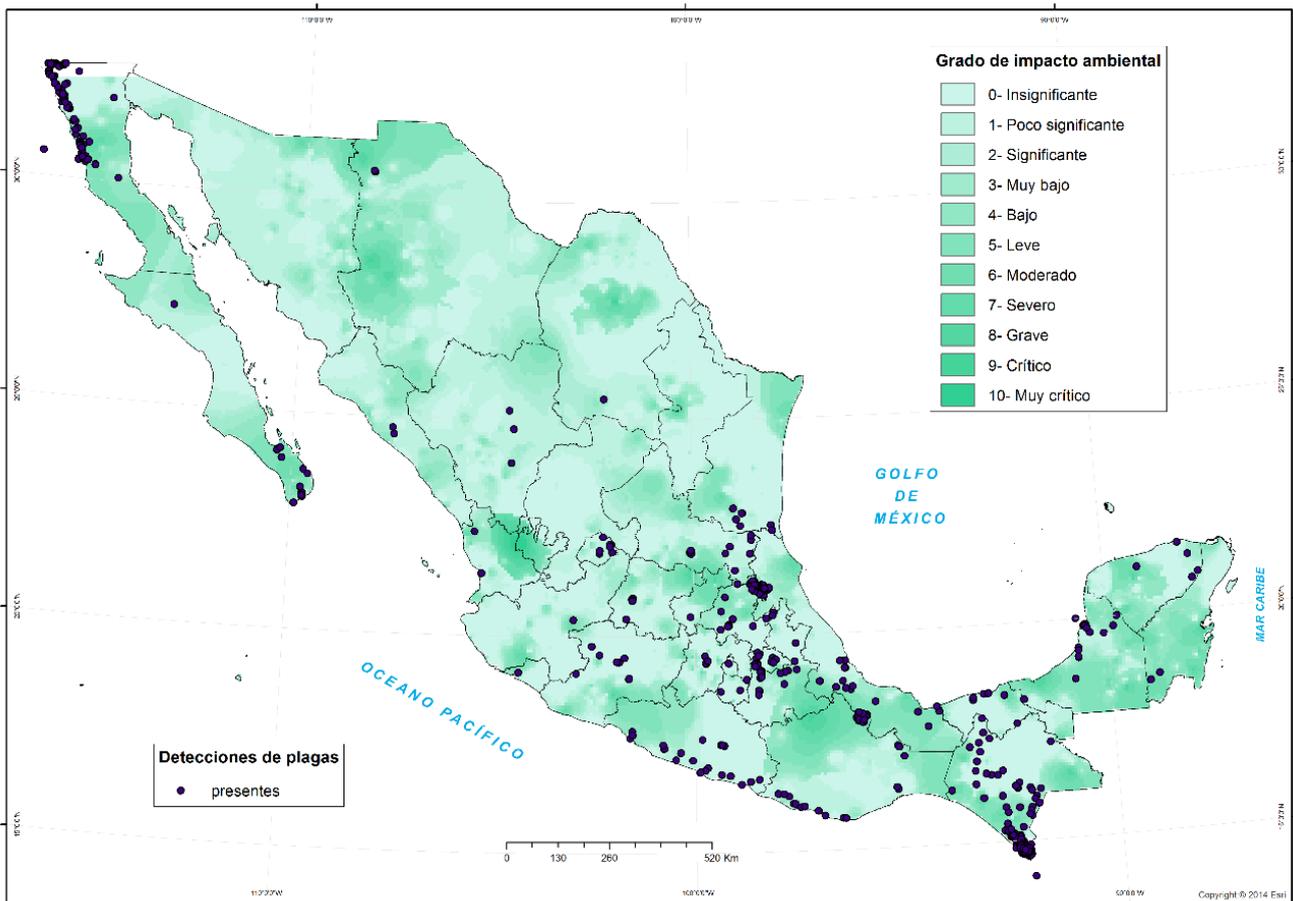


Figura 23. Establecimiento de plagas por grado de impacto ambiental.

Fuente: SCOPE Mx 2005

La capacidad epidémica de un lugar incrementa a medida que un ecosistema maduro caracterizado por una alta biodiversidad es remplazado por mosaicos de hábitats individuales con pocas especies (Meade & Emch, 2010). Esta fragmentación antrópica del hábitat o mosaico de hábitats separados, es producto de la deforestación y altera la funcionalidad y equilibrio del ecosistema y es así como la reducción de extensiones continuas de cubierta forestal disminuye la biodiversidad de especies principalmente de la aumentando el crecimiento poblacional de otras especies oportunistas.

6 IMPACTO

6.1 COSTOS

Los impactos de las especies invasoras son cruciales para el costo-beneficio y el análisis de políticas de bioseguridad. La economía es clave para comprender los procesos de invasión, los impactos y toma de decisiones. Las invasiones biológicas afectan las actividades económicas a múltiples escalas y etapas de una invasión. En este sentido es necesario identificar como se pueden asignar los recursos de manera óptima a través de las actividades de gestión de invasiones, incluyendo prevención, programas de vigilancia para la detección temprana y gestión, y controlar las poblaciones de invasión y propagación: para minimizar los costos a largo plazo y daños y perjuicios. El análisis económico facilita la comprensión de las decisiones de los tomadores de decisiones de políticas públicas y privadas, para lograr resultados socialmente deseables.

Las evaluaciones de impacto económico intentan estimar el valor monetario del daño por invasión y los costos de actividades de mitigación que impiden la introducción, detectar poblaciones recién establecidas, y frenar la propagación de invasores establecidos, pero representa un desafío debido a compleja dinámica de invasión y procesos económicos, así como la dificultad de monetizar la biodiversidad y beneficios del servicio ecosistémico, entre otros.

Estimar los impactos de los daños al invasor requieren la contabilidad de características bioeconómicas de la invasión, incluyendo procesos de propagación, control y daño (Kovacs et al. 2010, 2011a, b; Haight et al. 2011). El comportamiento de actores involucrados como productores y gobierno también puede afectar los daños que plantea un invasor y las consecuencias de bienestar de diferentes políticas o estrategias de control (Settle et al., 2002; Finnoff et al. 2005, 2010a). Por ejemplo, en México se destina anualmente \$600 000 millones de pesos en promedio a la SAGARPA para poder atender la problemática de plagas en el país, a diferencia del recurso destinado a la CONABIO para el proyecto de especies invasoras, cuyo recurso proviene de un fondo de la Naciones Unidas.

Sin embargo, pocas evaluaciones de impacto económico se han completado a escala nacional debido a los desafíos de implementar la metodología y obtener información para apoyarlo (Born et al., 2005; Pejchar y Mooney 2009; Holmes et al. 2014); desafíos metodológicos que incluyen la comprensión y el modelado de la compleja dinámica de los procesos de invasión, daños (Kovacs et al. 2010; Soliman et al. 2012) y

las respuestas conductuales de los diferentes actores involucrados, partes interesadas, y productores que pueden afectar el grado de daño (por ejemplo,

Se han realizado algunos intentos para proporcionar una evaluación de los impactos económicos. Por ejemplo, Colautti et al. (2006) estimaron los impactos económicos de 16 especies no autóctonas en la agricultura, silvicultura y sectores acuáticos en Canadá. Para cada uno de los 16 invasores, estimaron el valor anual de los recursos colocados en mayor riesgo (por ejemplo, ventas de madera local, madera de exportación y productos de madera) y luego se calculó la proporción (20-52%) del valor nacional de esos recursos que se perderá debido al daño del invasor. Lo que se observó fue que la capacidad para evaluar los impactos de las plagas en un rango de los servicios de los ecosistemas está limitada por la escasez de datos biológicos y económicos.

Se calcula que el costo económico anual asociado a las pérdidas y a la erradicación de “las invasiones biológicas” a nivel mundial ronda los 400 mil millones de dólares a nivel global (Galindo, 2014). En China, las pérdidas ocasionadas por las especies invasoras ascienden a 14.5 mil millones de dólares anuales, esto es el 1.36% del PIB del país. En EUA, estas pérdidas superan todos los años los 138 mil millones. La Unión Europea ha asignado 27 millones de euros a 102 proyectos de control y erradicación de especies invasoras en sus países miembros, a través del instrumento financiero para el medio ambiente (Worldwatch Institute, 2005; Rogers, 2008). Las plagas de las plantas, que son insectos, patógenos y malezas, siguen siendo una de las mayores limitaciones para la producción agrícola y de alimentos. Las plagas, los patógenos y las malezas causan la pérdida de más del 40% (y en épocas graves hasta el 80%) del suministro mundial de alimentos (Simberloff, 2004; Tatem, 2006; Granado, 2007; Tara, 2010).

Además, la cantidad de plaguicidas químicos utilizados para contener malezas, plagas de insectos, roedores, hongos, bacterias, ácaros y aves plaga, que ascendieron a más de 32.5 mil millones en el 2010. Sin contar que México es una economía abierta, se cuenta con una red de 12 acuerdos comerciales (de los cuales 10 son tratados de libre comercio), lo que representa 44 países en tres continentes: América, Europa y Asia (SAGARPA, 2015; Secretaría de Economía, 2015) y que se cuenta con acceso preferencial a las tres principales economías importadoras de alimentos, las cuales representan el 70% de las importaciones mundiales de productos agroalimentarios

(Estados Unidos de América, Japón, Rusia y en tiempo recientes China). México a nivel mundial es el 8° productor de alimentos, ocupa el lugar 13 de los países exportadores de alimentos y el 8° lugar en importaciones agrícolas, lo que se pone en riesgo si se llegará a detectar alguna plaga o enfermedad restringida en otros países a los que se exporta (SIAP, 2015; Secretaria de Economía, 2015; INEGI, 2015).

Mientras que los gastos directos de la gestión en especies invasoras a menudo son simples de cuantificar y fácilmente considerados, los costos de oportunidad son más a menudo pasado por alto. Del mismo modo, los impactos del mercado, como la pérdida de los productos o el valor de la cosecha, se entienden y contabilizan mejor que los daños que afectan los valores no medidos en mercados económicos típicos, como valores estéticos o recreativos. Considerando que el análisis del costo-beneficio puede usarse para evaluar proyectos individualmente, retorno de la inversión el análisis se puede utilizar para priorizar entre un conjunto de opciones de inversiones discretas e independientes, como posibles proyectos de erradicación o control en una Región epidemiológica. Sin embargo, el análisis del retorno de la inversión tiene no muy a menudo se ha aplicado ampliamente a especies invasoras gestión (Boyd et al. 2015).

Además de que el manejo de especies invasoras a menudo requiere tomar decisiones sobre cuánto controlar o qué nivel de una medida para implementar, en lugar de una simple decisión binaria de destinar recursos o no para controlar una plaga. Para mitigar los impactos de invasivos las especies se deben incluir la reducción de la tasa de introducción de especies invasoras (prevención), erradicación del nuevo invasor, y reducir los daños al desacelerar la propagación de invasiones a través del paisaje o la adaptación a la presencia de un invasor a través del control o alterado prácticas de gestión.

Además, el monitoreo es clave para la mayoría de las estrategias de mitigación de invasión, sin embargo, la elección específica de medidas para controlar un invasor variará a través de las especies y contextos, pero generalmente tienen como objetivo reducir el invasor poblaciones o crecimiento demográfico lento o dispersión. Los estudios económicos han examinado que la inversión basada en la prevención (monitoreo) contra los costos previstos posteriores a la invasión, así como las compensaciones entre prevención y control inversiones son distintos (Burnett et al., 2008; Olson y Roy, 2005; Kim et al. 2006; Leung et al. 2005; Horan et al. 2002; Moffitt y Osteen 2006). La estrategia óptima para la prevención necesariamente depende de los costos a la sociedad

a largo plazo de una invasión si ocurriera (Olson 2006; Leung et al. 2002). Daños a largo plazo de establecimiento depende de la probabilidad de establecimiento, impactos de daños localizados, características de especies temporales tales como retrasos y tasas de propagación, y efectividad y costos de los controles posteriores al establecimiento, entre otros factores (Epanchin-Niell y Liebhold 2015; Leung et al. 2002). Si los enfoques de las políticas públicas favorecen la inversión en las medidas de control y no en las de prevención indudablemente los costos se elevarán, esto porque, aunque varios productos químicos (plaguicidas) tienen éxito en el control de estos organismos, pocos son deseables para aplicaciones aéreas, particularmente en zonas urbanas o entornos donde existe un potencial percibido para impactos en la salud humana.

Otro factor importante para reducir los costos es la sensibilización, reconocida como un medio mejorar la detección temprana de plagas, lograra la efectividad de las medidas de erradicación y manejo, así como potencialmente prevenir futuros brotes y aumentar el enfoque en la salud de las plantas (Marzano et al., 2015; Keskitalo et al., 2016). Además de realizar el análisis de actores involucrados en distintas escalas temporal, espacial y cambios institucionales que ocurre en relación con los brotes de plagas. En lugar de ser estático en el tiempo y el lugar, este enfoque destacaría que ocurren cambios significativos a niveles de conciencia, aceptabilidad social, gobernabilidad contextos y proveerían las necesidades de comunicación a medida que las plagas se mueven a lo largo de los caminos.

Las tres medidas de exclusión más importantes para detener las introducciones son: intercepción, tratamiento y prohibición. La primera implica imponer un reglamento en las fronteras. Para cada introducción intencional propuesta, se debería llevar a cabo una evaluación de los riesgos que implica. Las especies cuya entrada se permita o se prohíba tienen que ser incluidas en una lista sectorizada para difundir los resultados de dichas evaluaciones

7 POLÍTICAS PÚBLICAS

7.1 EVALUANDO EL MARCO

El marco presenta un conjunto reducido de manera significativa de las vías que facilita las comparaciones a través de taxones, es aplicable a los biomas y los lazos

terrestres y acuáticos en estrecha colaboración con las perspectivas legislativas. Una de las ventajas de este enfoque es que toma sus definiciones a partir de datos reales recogidos para muchos taxones superiores a través de una amplia zona geográfica.

7.1.1 Regulación de las especies invasoras

A nivel internacional se ha trabajado en diversos instrumentos internacionales (SRE, 2014) en los que se aborda el tema de las especies exóticas invasoras, entre los que se encuentran:

- Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)
- Convención de RAMSAR sobre los Humedales (RAMSAR)
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)
- Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CNUDM o CONVEMAR)
- Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques
- Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del CDB
- Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (IPPC)
- Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO)
- Organización Marítima Internacional (OMI)
- Comisión sobre Cooperación Ambiental de América del Norte (TLCAN/CCA)
- Código de Conducta para la Pesca Responsable (FAO)
- Acuerdo sobre la aplicación de medidas sanitarias y fitosanitarias (OMC)

En cada uno de ellos se abordan aspectos diversos pero que convergen en cuanto a las especies exóticas invasoras, en todo sentido, desde cuestiones de protección de especies silvestres, hasta la comercialización e introducción de especies, asimismo como afectan estas actividades áreas muy específicas como lo son los humedales o zonas de pesca.

Pero no debe olvidarse que los acuerdos tomados en los instrumentos internacionales mencionados parten en primer término de la necesidad de garantizar la atención de las necesidades de los seres humanos (FAO, 2002), ya que de acuerdo a la

CEPAL (2002) la inseguridad alimentaria y la pobreza se acrecentaron constantemente por la desigualdad en la distribución de los ingresos pues en gran parte de los países de América Latina el 10% de los hogares más ricos percibe una cantidad mayor al 30% de los ingresos mientras la fracción de ingresos que recibe aproximadamente un 40% de los hogares más pobres se ubica entre el 9% y el 15%.

Es por esto que la seguridad alimentaria es entonces uno de los grandes pilares que motiva la regulación de la introducción de especies a nuevos ecosistemas, pues partiendo del derecho a la alimentación consignado también en diversos instrumentos internacionales tales como la cumbre mundial sobre la alimentación, se considera que entre menos afectado se vea un ecosistema por especies ajenas al mismo se evitarán daños a los pequeños agricultores así como a las familias campesinas, pero también a zonas protegidas y se garantizará la mayor y mejor producción de alimentos para evitar el desabasto de los mismos.

En este sentido no podemos olvidar que la seguridad alimentaria proviene del derecho a la alimentación, mismo que parte de la obligación del Estado para garantizar los derechos humanos a sus ciudadanos, generalmente los derechos humanos son atraídos hacia las áreas civiles y políticas, pero a partir de la declaración universal de los derechos humanos en 1948 se otorga igual jerarquía a los derechos económicos, sociales y culturales, mismos que dieron origen al pacto internacional de derechos económicos, sociales y culturales de 1976, documento que contenía la obligación del Estado para garantizar el derecho alimentación de sus habitantes, teniendo en consideración que éste se cumplen cuando las personas tienen acceso físico y económico constantemente a una alimentación adecuada así como a los medios para obtenerla, pero es precisamente en la cumbre mundial sobre la alimentación de 1996 cuando se deja claro el derecho alimentación suficiente ya no padecer hambre (Gordillo, 2004) con lo cual se reconoce este derecho humano y de alguna manera se sientan las bases normativas para su regulación y tutela.

Por lo anterior, no deben desvincularse los derechos humanos en general así como el derecho a la alimentación en lo particular de la regulación en materia de especies invasoras, ya que en la medida que se generen normas que garanticen estabilidad de los ecosistemas, así como la producción agrícola libre de agentes externos que puedan llegar a perjudicar la generación de alimentos, estaremos frente a normas que nos brindan

garantías en cuanto a la seguridad alimentaria no solamente a nivel de Estado, sino a nivel internacional, pues este no es un problema ajeno a los países que forman parte de la comunidad internacional.

En México, el estudio de la normativa aplicable en materia de especies invasoras comienza con el análisis de las disposiciones constitucionales, pues la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2013) es la norma fundamental en nuestro país, misma que sienta las bases de la regulación del accionar gubernamental e individual, por lo que encontramos en la parte dogmática de la misma que el artículo 4, el cual reconoce el derecho a la salud de todos los individuos, así como el derechos a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar, disposición que epistemológicamente en lo tocante a especies invasoras, sienta las bases para la emisión de leyes y políticas públicas que tiendan a la prevención y erradicación de especies invasoras exóticas y plagas, para con ello, dar cabida a ese medio ambiente sano y protección a la salud que se expone en el articulado constitucional. Esta garantía constitucional concede a todo ciudadano el acceso no solamente a los servicios de salud, sino al mantenimiento de ésta, por lo que en materia de plagas debe ser una obligación primigenia el contar con los lineamientos idóneos para prevenir el que especies exóticas o plagas vulneren este derecho mediante la transmisión de enfermedades.

En concatenación con lo anterior, el artículo 27 de la Carta Fundamental plantea que la propiedad de las tierras y aguas corresponde originariamente a la nación, misma que tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas como propiedad privada, así como el de imponer las modalidades que atiendan al interés público, y a grandes rasgos regular el aprovechamiento de la totalidad de elementos naturales en beneficio social, con lo que se abre la pauta para que se de la expropiación por causa de utilidad pública, como lo es, para el caso que nos ocupa, la protección de un ecosistema o el llevar a cabo una actividad estratégica.

En el mismo orden de ideas el artículo 73 otorga facultades al Congreso para la expedición de la leyes que establezcan la concurrencia de los 3 órdenes de gobierno en materia de salud, protección al ambiente, preservación y restauración del equilibrio ecológico, con lo que de manera expresa se plantea que en materia ambiental como sanitaria la entidad reguladora serán, el Congreso Federal así como los congresos locales.

No es óbice mencionar que el artículo 133 del ordenamiento invocado establece la supremacía constitucional concediendo el carácter de ley suprema a los tratados y todas las leyes que emanen de ella, siempre y cuando no contravengan las disposiciones contenidas en la Carta Magna, por lo que, los tratados en materia ambiental y comercial en cuanto a las medidas sanitarias y fitosanitarias serán ley suprema de la nación y por lo tanto, obligatorias en el territorio de la República.

Por otro lado, una de las leyes que emanan de este ordenamiento, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (2013) establece la prohibición de introducción de ejemplares o poblaciones exóticas de vida silvestre en las zonas núcleo de las áreas naturales aunado al planteamiento que en cuanto a las acciones de protección y conservación de flora y fauna en el territorio nacional se consideraran los criterios para la preservación y aprovechamiento sustentable de estos, para evitar la acción dañina de especies exóticas invasoras, plagas, enfermedades o la contaminación que puede derivarse de actividades fitopecuarias.

Además, se establece que cuando sea necesario la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales promoverá a través de la Secretaría de Economía, la observancia de medidas de regulación o restricción a la exportación e importación de especímenes de flora y fauna silvestres nativos o exóticos e impondrá las restricciones necesarias para la circulación o tránsito por el territorio nacional de especies de la flora y fauna silvestres procedentes del y destinadas al extranjero.

Asimismo la Ley General de Vida Silvestre (2013) en su artículo 2º, fracción XVIII, define a las especies exóticas invasoras como “aquella especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitat y ecosistemas naturales y que amenaza la diversidad biológica nativa, la economía o la salud pública”, por lo que una vez establecidas las bases conceptuales vale la pena señalar que uno de los requisitos insertos en tal definición es el que cause amenaza, lo que genera un tanto cuanto de incertidumbre en el sentido de que, ¿Qué ocurre si es que una especie esta fuera de su ámbito natural, es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en un hábitat o ecosistema pero no causa daño o amenaza a la diversidad biológica nativa?, esta disyuntiva no está considerada en el texto legal, razón por la que valdría la pena cuestionar hasta cierto punto su aplicabilidad pues en estricto sentido se deja fuera este supuesto.

No obstante, lo anterior, en el artículo 27 BIS de esta Ley se establece en su primer párrafo la prohibición en cuanto a la liberación o introducción a los hábitats y ecosistemas naturales de especies exóticas invasoras. En el segundo párrafo se señala que la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) determinará el listado de especies exóticas invasoras, mismo que estará inserto en las normas oficiales mexicanas y tendrá una revisión y actualización cada tres años o antes si es que se cuenta con información suficiente para su inclusión, pero a pesar de existir tal prescripción en la ley, a la fecha no existen dichos listados por lo que actualmente nos encontramos con un impase debido a que la norma no se ve reflejada en la realidad y por tanto la identificación de las especies debe partir de estudios elaborados por instituciones gubernamentales o educativas, sin embargo tal como se mencionó previamente en estricto sentido estos estudios no cuentan con legitimación normativa para ser considerados como válidos en cuanto a la identificación de las especies.

En este sentido se han mencionado las leyes que tienen mayor incidencia en cuanto a la regulación de las especies exóticas invasoras, sin embargo, éstas no son todas las normas en la materia ya que las que se han analizado se vinculan a otras que tienen relaciones de transversalidad en cuanto al tema tal como la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, la Ley Federal de Sanidad Animal, la Ley Federal de Sanidad Vegetal, la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables, la Ley General de Salud, la Ley de Navegación y Comercio Marítimos, la Ley de Responsabilidad Ambiental y la Ley de Puertos (HCDU, 2014), ya que cada una de ellas aborda lo tocante a especies exóticas invasoras desde diversas perspectivas.

Una de las normas que resultan de suma importancia es la reciente Ley de Responsabilidad Ambiental, misma que enmarca la forma en que han de respetarse las normas en materia ambiental y sobretodo la manera en que se configura la responsabilidad per se, estableciendo las maneras de determinar la responsabilidad, la compensación y la reparación del daño ambiental.

Sin embargo, dicha ley adolece de diversos aspectos, mismos que se han planteado previamente en cuanto a la problemática de la regulación de la responsabilidad a nivel internacional, ya que en primer término se establecen los conceptos aplicables a tal normativa, pero no se insertan precisiones conceptuales en cuanto lo que se entiende por responsabilidad, premisa básica para entender los alcances de la ley.

No se incluyen consideraciones en cuanto a lo que se entiende por daño directo refiriéndose solamente al daño indirecto, con lo que en primer término podríamos decir que la ley adolece de un marco conceptual que robustezca la intención del legislador al tutelar la responsabilidad ambiental.

Ahora bien, se señala que cuando se causa un daño al ambiente que ha sido previsto y previamente manifestado por el responsable no será considerado como tal, lo cual no puede plantearse en tales términos, ya que las políticas gubernamentales tienden en todo momento al desarrollo sustentable, lo que implica la mínima afectación al ambiente por causa de ese desarrollo, en este sentido también se señala que para que esto ocurra, estos daños habrán de ser evaluados, mitigados y compensados, sin embargo debería estipularse que este daño deberá ser el menor posible y considerar en todo momento las opciones o alternativas para que se evite a toda costa el daño al ambiente.

En ese mismo orden de ideas se señala que serán emitidas las normas oficiales mexicanas en las que se establezcan las cantidades mínimas de deterioro, pérdida, cambio, menoscabo, afectación, modificación y contaminación al ambiente, sin embargo, no se relaciona al artículo anterior y se limita a enfocarlo a aspectos de carácter económico, lo cual redundaría en perjuicio del bien jurídico tutelado por esta ley, que es el ambiente.

En cuanto a la definición de responsabilidad se plantea que existen dos tipos de responsabilidad, la subjetiva y la objetiva, así como la directa y la indirecta, pero no se señala específicamente que se entiende por cada una de ellas, las cuales si están debidamente identificadas en el plano internacional tal como se ha mencionado previamente, pero en esta nueva norma no se establece la precisión legal de cada una de ellas, lo cual implica la falta de elementos para determinar exactamente las figuras aplicables en materia normativa.

Asimismo en cuanto a la responsabilidad objetiva se considera que esta se tipifica cuando se causa un daño al ambiente y se relaciona con el uso de materiales o residuos peligrosos, arrecifes de coral, la realización de actividades altamente riesgosas y algunas actividades especificadas por el código civil federal, lo cual en primer término resulta por demás elitista en cuestiones ambientales puesto que se dejan fuera las actividades industriales en cuanto no usan residuos peligrosos, las embarcaciones que manejan hidrocarburos, el manejo de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, el manejo de plagas, el uso de pesticidas, entre otras tantas actividades que tienen que ver

con el medio ambiente y que no necesariamente tienen que ver con los supuestos señalados en ésta norma, lo cual nos permite inferir que diversas actividades quedan fuera de la regulación, y en ese caso, ¿no existe responsabilidad? o, ¿se limita a cuestiones de carácter administrativo o civil?, es difícil en este momento determinar estas cuestiones pues la ley es incipiente y aún no se plasma en la realidad, sin embargo, aparentemente nos encontramos ante cláusulas de buena fe que solamente simulan la protección del medio ambiente, ya que no obstante lo anterior, se considera que cuando se dañe al ambiente este deberá ser restituido a su estado base, entendido este como la condición en que se hallaba el hábitat, ecosistema, elementos y recursos naturales, relaciones de interacción y servicios ambientales, en el momento previo inmediato al daño, lo que nos deja nuevamente en incertidumbre, ya que como se mencionaba previamente la mayoría de los casos es imposible volver las cosas a su estado prístino y más cuando se trata de áreas con fauna y flora endémicas.

Por otro lado, se establece la figura de la compensación, para el caso de ser imposible total o parcialmente devolver las cosas a su estado natural, sin embargo, no se precisa bajo qué criterios será determinada la misma, ni tampoco se establece cuando se llevará a cabo en inversión o en acciones para una mejora ambiental y de ser el caso, si se trata de una inversión, en qué consistirá, ya que pudiera pensarse que se trata de una sanción pecuniaria pero no es así, pues esta es accesoria, lo que significa que además de la compensación debe pagarse una cantidad relativa a esta sanción, lo que significa entonces que la inversión a la que se refiere la ley no debe ser en dinero, sin embargo esto no se especifica y se deja a la interpretación, más aún porque literalmente se establece la “inversión o las acciones”, entonces se desconoce en qué consiste esta inversión ya que es una u otra.

Y en cuanto a las sanciones económicas se instauran montos mínimos y máximos, sin embargo, curiosamente se establecen salvedades en cuanto a que si convergen tres de cinco supuestos se reducirán los montos a su tercera parte, los cuales resultan risibles, ya que los casos son: que el infractor no haya sido sentenciado ni sea reincidente; que sus empleados, representantes o directivos no hayan sido sentenciados por delitos contra el ambiente; que se haya contado con anterioridad a tres años con un órgano de control que verifique el cumplimiento legal y un sistema interno de gestión y capacitación ambiental; que se cuente con garantía financiera y por último que se cuente con alguno de los certificados de auditoría ambiental, supuestos todos ellos que no justifican de ninguna

manera la reducción de la sanción, ya que el hecho de contar con los requisitos señalados no es una opción sino una obligación de todas las personas morales pero casualmente todos y cada uno de los supuestos aplican solamente para estas personas dejando de lado a las físicas, lo cual implica que las industrias, en su mayoría serán las beneficiadas con este privilegio. Y bajo estas condiciones en primer lugar las personas físicas quedan en total estado de indefensión, pero lo más delicado es el hecho de que aparentemente el caer en los supuestos legales implica que la merma la responsabilidad y que quienes dañan al ambiente deben ser beneficiados porque cumplen con lineamientos normativos que no son opcionales, ni motivo de premios o reconocimiento puesto que son obligatorios.

Pero sin duda uno de los aspectos que más llama la atención es que esta norma otorga el derecho a ejercer y demandar judicialmente la responsabilidad ambiental, reparación o compensación de los daños ocasionados al ambiente en primer lugar a los habitantes de la comunidad adyacente a donde se ocasiona, las personas morales privadas que actúen en representación de los anteriores, la federación y las procuradurías o instituciones que ejerzan función de protección ambiental, pero al parecer los afectados directos no pueden ejercer acción alguna, ya que no se encuentran señalados expresamente y solamente cuentan con este derecho quienes viven en las comunidades aledañas, lo que se traduce en una situación de desigualdad y de violación a los derechos inherentes a los ciudadanos mexicanos consignados en la Carta Magna ya que se excluye a quienes sufren de primera mano el daño y en sentido si éstos no pueden accionar, entonces se encuentran supeditados a que sus vecinos le hagan el favor de apoyarlos al igual que las propias autoridades.

Por último es preciso mencionar que en ningún momento se plantea el supuesto de que sucederá cuando quien propicia el daño al ambiente es la propia autoridad, pues ésta como entidad garante del respeto de las normas, así como de su aplicación, debería ser sancionada con mayor severidad, ahora bien, esto en cuanto a entidades municipales o estatales, pero ¿qué pasará cuando por motivo de omisión o acción por parte de la Secretaría del medio Ambiente y recursos Naturales se causa un daño por un tercero?, es acaso que las autoridades son ajenas a la aplicación de la propia ley, o se trata simplemente de un vacío legal, no lo sabemos, pero esperemos que se subsane esta omisión y se aplique la ley sin distingo.

A grandes rasgos podemos notar que el abordaje de la responsabilidad ambiental es por demás complejo, pues no solamente implica aspectos de carácter económico, sino además sociales, culturales, políticos, normativos y administrativos, por lo que desde el ámbito internacional se ha trabajado durante años para poder determinar con precisión las implicaciones de la responsabilidad ambiental y aún a la fecha es complicado establecerla ya que el ambiente es considerado un bien difuso prácticamente imposible de cuantificar en cuestiones económicas y a su vez de restaurar o restituir a su estado prístino, razón por la que su análisis debe ser realizado desde diversas perspectivas y considerar las aristas que convergen en el tema, para evitar caer en imprecisiones en cuanto al establecimiento de figuras legales e incluso en cuanto a la imposición de sanciones pues quien daña el ambiente no solamente afecta a una porción de vegetación o fauna sino que también a las comunidades y a los habitantes del planeta, ya que muchas de las veces la afectación implica desprendimiento de gases o filtración de contaminantes a los mantos acuíferos, lo que significa que esto no se detiene y no hay barreras que contengan su movilidad o dispersión causando menoscabos a otras zonas o ecosistemas y a comunidades alejadas del sitio donde se genera el daño, razón por la que el considerar emolumentos a quienes propician esta situación implica el ser cómplices del deterioro ambiental.

A nivel internacional se ha trabajado en diversos instrumentos internacionales (SRE, 2014) en los que se aborda el tema de las especies exóticas invasoras, entre los que se encuentran: Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), Convención de RAMSAR sobre los Humedales (RAMSAR), Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CNUDM o CONVEMAR), Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques, Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del CDB, Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (IPPC), Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO), Organización Marítima Internacional (OMI), Comisión sobre Cooperación Ambiental de América del Norte (TLCAN/CCA), Código de Conducta para la Pesca Responsable (FAO), Acuerdo sobre la aplicación de medidas sanitarias y fitosanitarias (OMC).

En cada uno de ellos se abordan aspectos diversos pero que convergen en cuanto a las especies exóticas invasoras, en todo sentido, desde cuestiones de protección de especies silvestres, hasta la comercialización e introducción de especies, asimismo como

afectan estas actividades áreas muy específicas como lo son los humedales o zonas de pesca. Pero no debe olvidarse que los acuerdos tomados en los instrumentos internacionales mencionados parten en primer término de la necesidad de garantizar la atención de las necesidades de los seres humanos (FAO, 2002), ya que de acuerdo a la CEPAL (2002) la inseguridad alimentaria y la pobreza se acrecentaron constantemente por la desigualdad en la distribución de los ingresos pues en gran parte de los países de América Latina el 10% de los hogares más ricos percibe una cantidad mayor al 30% de los ingresos mientras la fracción de ingresos que recibe aproximadamente un 40% de los hogares más pobres se ubica entre el 9% y el 15%.

Es por esto que la seguridad alimentaria es entonces uno de los grandes pilares que motiva la regulación de la introducción de especies a nuevos ecosistemas, pues partiendo del derecho a la alimentación consignado también en diversos instrumentos internacionales tales como la cumbre mundial sobre la alimentación, se considera que entre menos afectado se vea un ecosistema por especies ajenas al mismo se evitarán daños a los pequeños agricultores así como a las familias campesinas, pero también a zonas protegidas y se garantizará la mayor y mejor producción de alimentos para evitar el desabasto de los mismos.

En este sentido no podemos olvidar que la seguridad alimentaria proviene del derecho a la alimentación, mismo que parte de la obligación del Estado para garantizar los derechos humanos a sus ciudadanos, generalmente los derechos humanos son atraídos hacia las áreas civiles y políticas, pero a partir de la declaración universal de los derechos humanos en 1948 se otorga igual jerarquía a los derechos económicos, sociales y culturales, mismos que dieron origen al pacto internacional de derechos económicos, sociales y culturales de 1976, documento que contenía la obligación del Estado para garantizar el derecho alimentación de sus habitantes, teniendo en consideración que éste se cumplen cuando las personas tienen acceso físico y económico constantemente a una alimentación adecuada así como a los medios para obtenerla, pero es precisamente en la cumbre mundial sobre la alimentación de 1996 cuando se deja claro el derecho alimentación suficiente ya no padecer hambre (Gordillo, 2004) con lo cual se reconoce este derecho humano y de alguna manera se sientan las bases normativas para su regulación y tutela.

Por lo anterior, no deben desvincularse los derechos humanos en general así como el derecho a la alimentación en lo particular de la regulación en materia de especies invasoras, ya que en la medida que se generen normas que garanticen estabilidad de los ecosistemas, así como la producción agrícola libre de agentes externos que puedan llegar a perjudicar la generación de alimentos, estaremos frente a normas que nos brindan garantías en cuanto a la seguridad alimentaria no solamente a nivel de Estado, sino a nivel internacional, pues este no es un problema ajeno a los países que forman parte de la comunidad internacional.

En México, el estudio de la normativa aplicable en materia de especies invasoras comienza con el análisis de las disposiciones constitucionales, pues la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2013) es la norma fundamental en nuestro país, misma que sienta las bases de la regulación del accionar gubernamental e individual, por lo que encontramos en la parte dogmática de la misma que el artículo 4, el cual reconoce el derecho a la salud de todos los individuos, así como el derechos a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar, disposición que epistemológicamente en lo tocante a especies invasoras, sienta las bases para la emisión de leyes y políticas públicas que tiendan a la prevención y erradicación de especies invasoras exóticas y plagas, para con ello, dar cabida a ese medio ambiente sano y protección a la salud que se expone en el articulado constitucional. Esta garantía constitucional concede a todo ciudadano el acceso no solamente a los servicios de salud, sino al mantenimiento de ésta, por lo que en materia de plagas debe ser una obligación primigenia el contar con los lineamientos idóneos para prevenir el que especies exóticas o plagas vulneren este derecho mediante la transmisión de enfermedades.

En concatenación con lo anterior, el artículo 27 de la Carta Fundamental plantea que la propiedad de las tierras y aguas corresponde originariamente a la nación, misma que tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas como propiedad privada, así como el de imponer las modalidades que atiendan al interés público, y a grandes rasgos regular el aprovechamiento de la totalidad de elementos naturales en beneficio social, con lo que se abre la pauta para que se dé la expropiación por causa de utilidad pública, como lo es, para el caso que nos ocupa, la protección de un ecosistema o el llevar a cabo una actividad estratégica.

En el mismo orden de ideas el artículo 73 otorga facultades al Congreso para la expedición de las leyes que establezcan la concurrencia de los 3 órdenes de gobierno en materia de salud, protección al ambiente, preservación y restauración del equilibrio ecológico, con lo que de manera expresa se plantea que en materia ambiental como sanitaria las entidades reguladoras serán, el Congreso Federal, así como los congresos locales.

No es óbice mencionar que el artículo 133 del ordenamiento invocado establece la supremacía constitucional concediendo el carácter de ley suprema a los tratados y todas las leyes que emanen de ella, siempre y cuando no contravengan las disposiciones contenidas en la Carta Magna, por lo que, los tratados en materia ambiental y comercial en cuanto a las medidas sanitarias y fitosanitarias serán ley suprema de la nación y por lo tanto, obligatorias en el territorio de la República.

Por otro lado, una de las leyes que emanan de este ordenamiento, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (2013) establece la prohibición de introducción de ejemplares o poblaciones exóticas de vida silvestre en las zonas núcleo de las áreas naturales aunado al planteamiento que en cuanto a las acciones de protección y conservación de flora y fauna en el territorio nacional se consideraran los criterios para la preservación y aprovechamiento sustentable de estos, para evitar la acción dañina de especies exóticas invasoras, plagas, enfermedades o la contaminación que puede derivarse de actividades fitopecuarias.

Además, se establece que cuando sea necesario la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales promoverá a través de la Secretaría de Economía, la observancia de medidas de regulación o restricción a la exportación e importación de especímenes de flora y fauna silvestres nativos o exóticos e impondrá las restricciones necesarias para la circulación o tránsito por el territorio nacional de especies de la flora y fauna silvestres procedentes del y destinadas al extranjero.

Asimismo la Ley General de Vida Silvestre (2013) en su artículo 2º, fracción XVIII, define a las especies exóticas invasoras como “aquella especie o población que no es nativa, que se encuentra fuera de su ámbito de distribución natural, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitat y ecosistemas naturales y que amenaza la diversidad biológica nativa, la economía o la salud pública”, por lo que una vez establecidas las bases conceptuales vale la pena señalar que uno de los requisitos insertos

en tal definición es el que cause amenaza, lo que genera un tanto cuanto de incertidumbre en el sentido de que, ¿Qué ocurre si es que una especie esta fuera de su ámbito natural, es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en un hábitat o ecosistema pero no causa daño o amenaza a la diversidad biológica nativa?, esta disyuntiva no está considerada en el texto legal, razón por la que valdría la pena cuestionar hasta cierto punto su aplicabilidad pues en estricto sentido se deja fuera este supuesto.

No obstante, lo anterior, en el artículo 27 BIS de esta Ley se establece en su primer párrafo la prohibición en cuanto a la liberación o introducción a los hábitats y ecosistemas naturales de especies exóticas invasoras. En el segundo párrafo se señala que la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) determinará el listado de especies exóticas invasoras, mismo que estará inserto en las normas oficiales mexicanas y tendrá una revisión y actualización cada tres años o antes si es que se cuenta con información suficiente para su inclusión, pero a pesar de existir tal prescripción en la ley, a la fecha no existen dichos listados por lo que actualmente nos encontramos con un impase debido a que la norma no se ve reflejada en la realidad y por tanto la identificación de las especies debe partir de estudios elaborados por instituciones gubernamentales o educativas, sin embargo tal como se mencionó previamente en estricto sentido estos estudios no cuentan con legitimación normativa para ser considerados como válidos en cuanto a la identificación de las especies.

En este sentido se han mencionado las leyes que tienen mayor incidencia en cuanto a la regulación de la especies exóticas invasoras, sin embargo, están no son todas las normas en la materia ya que las que se han analizado se vinculan a otras que tienen relaciones de transversalidad en cuanto al tema tale como la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, la Ley Federal de Sanidad Animal, la Ley Federal de Sanidad Vegetal, la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables, la Ley General de Salud, la Ley de Navegación y Comercio Marítimos, la ley de Responsabilidad Ambiental y la Ley de Puertos (HCDU, 2014), ya que cada una de ellas aborda lo tocante a especies exóticas invasoras desde diversas perspectivas.

Una de las normas que resultan de suma importancia es la reciente ley de Responsabilidad Ambiental, misma que enmarca la forma en que han de respetarse las normas en materia ambiental y sobretodo la manera en que se configura la responsabilidad

per se, estableciendo las maneras de determinar la responsabilidad, la compensación y la reparación del daño ambiental.

Sin embargo, dicha ley adolece de diversos aspectos, mismos que se han planteado previamente en cuanto a la problemática de la regulación de la responsabilidad a nivel internacional, ya que en primer término se establecen los conceptos aplicables a tal normativa, pero no se insertan precisiones conceptuales en cuanto lo que se entiende por responsabilidad, premisa básica para entender los alcances de la ley.

No se incluyen consideraciones en cuanto a lo que se entiende por daño directo refiriéndose solamente al daño indirecto, con lo que en primer término podríamos decir que la ley adolece de un marco conceptual que robustezca la intención del legislador al tutelar la responsabilidad ambiental.

Ahora bien, se señala que cuando se causa un daño al ambiente que ha sido previsto y previamente manifestado por el responsable no será considerado como tal, lo cual no puede plantearse en tales términos, ya que las políticas gubernamentales tienden en todo momento al desarrollo sustentable, lo que implica la mínima afectación al ambiente por causa de ese desarrollo, en este sentido también se señala que para que esto ocurra, estos daños habrán de ser evaluados, mitigados y compensados, sin embargo debería estipularse que este daño deberá ser el menor posible y considerar en todo momento las opciones o alternativas para que se evite a toda costa el daño al ambiente.

En ese mismo orden de ideas se señala que serán emitidas las normas oficiales mexicanas en las que se establezcan las cantidades mínimas de deterioro, pérdida, cambio, menoscabo, afectación, modificación y contaminación al ambiente, sin embargo, no se relaciona al artículo anterior y se limita a enfocarlo a aspectos de carácter económico, lo cual redundaría en perjuicio del bien jurídico tutelado por esta ley, que es el ambiente.

En cuanto a la definición de responsabilidad se plantea que existen dos tipos de responsabilidad, la subjetiva y la objetiva, así como la directa y la indirecta, pero no se señala específicamente que se entiende por cada una de ellas, las cuales si están debidamente identificadas en el plano internacional tal como se ha mencionado previamente, pero en esta nueva norma no se establece la precisión legal de cada una de ellas, lo cual implica la falta de elementos para determinar exactamente las figuras aplicables en materia normativa.

Asimismo en cuanto a la responsabilidad objetiva se considera que esta se tipifica cuando se causa un daño al ambiente y se relaciona con el uso de materiales o residuos peligrosos, arrecifes de coral, la realización de actividades altamente riesgosas y algunas actividades especificadas por el código civil federal, lo cual en primer término resulta por demás elitista en cuestiones ambientales puesto que se dejan fuera las actividades industriales en cuanto no usan residuos peligrosos, las embarcaciones que manejan hidrocarburos, el manejo de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, el manejo de plagas, el uso de pesticidas, entre otras tantas actividades que tienen que ver con el medio ambiente y que no necesariamente tienen que ver con los supuestos señalados en ésta norma, lo cual nos permite inferir que diversas actividades quedan fuera de la regulación, y en ese caso, ¿no existe responsabilidad? o, ¿se limita a cuestiones de carácter administrativo o civil?, es difícil en este momento determinar estas cuestiones pues la ley es incipiente y aún no se plasma en la realidad, sin embargo, aparentemente nos encontramos ante cláusulas de buena fe que solamente simulan la protección del medio ambiente, ya que no obstante lo anterior, se considera que cuando se dañe al ambiente este deberá ser restituido a su estado base, entendido este como la condición en que se hallaba el hábitat, ecosistema, elementos y recursos naturales, relaciones de interacción y servicios ambientales, en el momento previo inmediato al daño, lo que nos deja nuevamente en incertidumbre, ya que como se mencionaba previamente la mayoría de los casos es imposible volver las cosas a su estado prístino y más cuando se trata de áreas con fauna y flora endémicas.

Por otro lado, se establece la figura de la compensación, para el caso de ser imposible total o parcialmente devolver las cosas a su estado natural, sin embargo, no se precisa bajo qué criterios será determinada la misma, ni tampoco se establece cuando se llevará a cabo en inversión o en acciones para una mejora ambiental y de ser el caso, si se trata de una inversión, en qué consistirá, ya que pudiera pensarse que se trata de una sanción pecuniaria pero no es así, pues esta es accesoria, lo que significa que además de la compensación debe pagarse una cantidad relativa a esta sanción, lo que significa entonces que la inversión a la que se refiere la ley no debe ser en dinero, sin embargo esto no se especifica y se deja a la interpretación, más aún porque literalmente se establece la “inversión o las acciones”, entonces se desconoce en qué consiste esta inversión ya que es una u otra.

Y en cuanto a las sanciones económicas se instauran montos mínimos y máximos, sin embargo, curiosamente se establecen salvedades en cuanto a que si convergen tres de cinco supuestos se reducirán los montos a su tercera parte, los cuales resultan risibles, ya que los casos son: que el infractor no haya sido sentenciado ni sea reincidente; que sus empleados, representantes o directivos no hayan sido sentenciados por delitos contra el ambiente; que se haya contado con anterioridad a tres años con un órgano de control que verifique el cumplimiento legal y un sistema interno de gestión y capacitación ambiental; que se cuente con garantía financiera y por último que se cuente con alguno de los certificados de auditoría ambiental, supuestos todos ellos que no justifican de ninguna manera la reducción de la sanción, ya que el hecho de contar con los requisitos señalados no es una opción sino una obligación de todas las personas morales pero casualmente todos y cada uno de los supuestos aplican solamente para estas personas dejando de lado a las físicas, lo cual implica que las industrias, en su mayoría serán las beneficiadas con este privilegio. Y bajo estas condiciones en primer lugar las personas físicas quedan en total estado de indefensión, pero lo más delicado es el hecho de que aparentemente el caer en los supuestos legales implica que la merma la responsabilidad y que quienes dañan al ambiente deben ser beneficiados porque cumplen con lineamientos normativos que no son opcionales, ni motivo de premios o reconocimiento puesto que son obligatorios.

Pero sin duda uno de los aspectos que más llama la atención es que esta norma otorga el derecho a ejercer y demandar judicialmente la responsabilidad ambiental, reparación o compensación de los daños ocasionados al ambiente en primer lugar a los habitantes de la comunidad adyacente a donde se ocasiona, las personas morales privadas que actúen en representación de los anteriores, la federación y las procuradurías o instituciones que ejerzan función de protección ambiental, pero al parecer los afectados directos no pueden ejercer acción alguna, ya que no se encuentran señalados expresamente y solamente cuentan con este derecho quienes viven en las comunidades aledañas, lo que se traduce en una situación de desigualdad y de violación a los derechos inherentes a los ciudadanos mexicanos consignados en la Carta Magna ya que se excluye a quienes sufren de primera mano el daño y en sentido si éstos no pueden accionar, entonces se encuentran supeditados a que sus vecinos le hagan el favor de apoyarlos al igual que las propias autoridades.

Por último es preciso mencionar que en ningún momento se plantea el supuesto de que sucederá cuando quien propicia el daño al ambiente es la propia autoridad, pues

ésta como entidad garante del respeto de las normas, así como de su aplicación, debería ser sancionada con mayor severidad, ahora bien, esto en cuanto a entidades municipales o estatales, pero ¿qué pasará cuando por motivo de omisión o acción por parte de la Secretaría del medio Ambiente y recursos Naturales se causa un daño por un tercero?, es acaso que las autoridades son ajenas a la aplicación de la propia ley, o se trata simplemente de un vacío legal, no lo sabemos, pero esperemos que se subsane esta omisión y se aplique la ley sin distingo.

A grandes rasgos podemos notar que el abordaje de la responsabilidad ambiental es por demás complejo, pues no solamente implica aspectos de carácter económico, sino además sociales, culturales, políticos, normativos y administrativos, por lo que desde el ámbito internacional se ha trabajado durante años para poder determinar con precisión las implicaciones de la responsabilidad ambiental y aún a la fecha es complicado establecerla ya que el ambiente es considerado un bien difuso prácticamente imposible de cuantificar en cuestiones económicas y a su vez de restaurar o restituir a su estado prístino, razón por la que su análisis debe ser realizado desde diversas perspectivas y considerar las aristas que convergen en el tema, para evitar caer en imprecisiones en cuanto al establecimiento de figuras legales e incluso en cuanto a la imposición de sanciones pues quien daña el ambiente no solamente afecta a una porción de vegetación o fauna sino que también a las comunidades y a los habitantes del planeta, ya que muchas de las veces la afectación implica desprendimiento de gases o filtración de contaminantes a los mantos acuíferos, lo que significa que esto no se detiene y no hay barreras que contengan su movilidad o dispersión causando menoscabos a otras zonas o ecosistemas y a comunidades alejadas del sitio donde se genera el daño, razón por la que el considerar emolumentos a quienes propician esta situación implica el ser cómplices del deterioro ambiental.

La rápida y extensiva propagación de especies exóticas ha llegado a convertirse en un suceso de importancia internacional. Los impactos causados por ella han sido reconocidos por diversas organizaciones y gobiernos alrededor del mundo. Entre dichas organizaciones figura la Convención sobre Diversidad Biológica (CBD), que dirige su atención al control y monitoreo de especies invasoras no nativas que han sido introducidas de manera intencional o accidental por la intervención humana y que ponen en riesgo los ecosistemas, hábitats y especies nativas.

La invasión por especies exóticas representa un fuerte agente de cambio global y está considerada como la segunda amenaza a la diversidad biológica. Ante un problema de prioridad internacional que daña severamente el medio ambiente y provoca elevados costos ecológicos y socioeconómicos, la educación aparece como el mejor instrumento de prevención y gestión oportuna. Las especies invasoras exóticas son cosmopolitas y están representadas en todos los grupos taxonómicos, incluyendo virus, hongos, algas, musgos, helechos, plantas superiores terrestres y acuáticas, invertebrados terrestres y acuáticos, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Por su rápida invasión, prácticamente han llegado a colonizar y establecerse exitosamente en una amplia variedad de condiciones ambientales, afectando la flora y fauna nativas de cada uno de los ecosistemas del mundo.

Es por ello que la identificación de la parte responsable involucrada en la introducción de especies exóticas debe ser crucial para facilitar la gestión y regulación de estas especies. Las emisiones deliberadas deberían llevarse a cabo bajo licencia, a través de la emisión de permisos y sólo después de una evaluación detallada del riesgo. El solicitante debe mostrar de forma explícita que los beneficios de la liberación son mayores que los costos en un marco de análisis de riesgos (por ejemplo, pruebas del intervalo del hospedador para el control biológico, la probabilidad de propagación y el efecto sobre las comunidades de plantas nativas de plantas de control de erosión). La probabilidad de que un organismo en cautiverio escapará a menudo es alta, sin embargo, como en el caso de los animales domésticos y plantas de jardín, la mayoría de los propietarios no alcanzan a visualizar o comprender las cuestiones de bioseguridad limitado.

En estas circunstancias, los importadores que ofrecen estas especies a la venta deben ser responsables de la detección de especies de riesgo potencial, con exclusión de las especies de alto riesgo del mercado, el establecimiento de códigos de conducta entre los proveedores y compradores de informar a los potenciales riesgos ambientales. La evaluación del riesgo debe ser similar a los diseñados para las liberaciones voluntarias con una comprensión adicional de las circunstancias en que si se escapa que puede ocurrir.

También debe haber una expectativa de que los bienes comercializados están libres de contaminantes y un exportador debe garantizar que los principios fito-zoosanitarios se aplican a todos los productos básicos exportados, en términos de riesgos tanto para la agricultura, así como el entorno natural. Una estrategia clara para prevenir y tratar los contaminantes cuando se encuentran se debe desarrollar. Se podrían obtener

beneficios considerables en la estandarización de los enfoques de la legislación relativa a liberaciones, fugas y contaminantes ya que estos suponen niveles similares de riesgo de invasión, aunque por diferentes taxones.

Las especies exóticas invasoras se introducen ya sea en vectores o en contenedores transportados por el transportista. Debe ser responsabilidad del transportista asegurar que su carga o equipo no venga contaminado. La mayoría de las infraestructuras de transporte tienen el potencial de facilitar la introducción de especies exóticas de una región a otra, pero la prevención de tales introducciones mediante el establecimiento de barreras rara vez es completamente eficaz.

Por lo tanto, las responsabilidades de los desarrolladores deben estar relacionados con la vigilancia y la respuesta a la evidencia de incursiones y / o propagación de especies. Por desgracia, la evaluación del impacto ambiental actual no aborda adecuadamente las especies invasoras (Hulme 2006). Probablemente el mayor reto para la regulación estará en los casos en que la dispersión natural ocurre, pero, como es probable que sea el resultado de una o más vías de introducción en la región de los donantes, las responsabilidades pueden ser identificados a través del conocimiento de la fuente inicial de tal envergadura. La legislación existente se basa a menudo en el sentido práctico de aplicación en lugar de riesgo relativo.

Los fuertes vínculos taxonómicos con vías particulares deben ser una advertencia contra los intentos de traducir simplemente los procedimientos de evaluación de riesgo de un grupo taxonómico a otro, como en el caso de la CIPF, que está tratando de incorporar los procedimientos de evaluación del riesgo de malezas dentro de un marco fitosanitaria adaptada para plagas de invertebrados y las enfermedades. Esta situación se hace más difícil dentro de las grandes regiones de libre comercio, como Europa, que cubren una amplitud de zonas biogeográficas, donde las decisiones se tienen que hacer respecto a las especies que representan un riesgo en un territorio, en relación con su uso en territorios en los que no representan un riesgo, por ejemplo, la plantación de plantas exóticas subtropicales en el norte de Europa, que podría ser una amenaza para los bosques de niebla de las Islas Canarias.

Sin embargo, la imagen actual es producto de varios cientos de años de introducciones y la evidencia hasta la fecha sugiere que el equilibrio de las vías está cambiando a medida que se liberan menos especies y se introducen a través de medios menos intencionales. Esta tendencia sugiere que, si bien se han hecho intentos para reducir las liberaciones intencionales y para mediar algunos escapes, el número de nuevas

introducciones siguen ocurriendo viniendo como contaminantes en las cargas, en el equipaje o en la ropa o accesorios ya sea de cargamentos comerciales o de turistas, estableciendo un corredor. Estas vías representan desafíos especiales para el manejo y legislación. Es tal vez de mayor preocupación que estas vías son los más frecuentemente asociados con las plagas de invertebrados y patógenos microbianos. El marco debe permitir a estas tendencias controlar en forma más clara y es de esperar estimular el desarrollo de normas y códigos de prácticas adecuadas para frenar el número de futuras introducciones. Además, las instituciones deberían priorizar Grupos de "mayor riesgo" y "más dispuestos", como aquellos dedicados a actividades medioambientales, impactos en las políticas en varios sectores, por ejemplo, salud, transporte e incluir el sector forestal puesto que algunas de las plagas afectan a los sistemas forestales y agrícolas.

Adicional al marco regulatorio que contemple la responsabilidad de introducir especies se debe considerar el uso de tecnologías de rápida identificación de especies a un bajo costo y un tiempo menor al de un laboratorio biológico, sin descartar la importancia de estos laboratorios, pero como un primer análisis que determine si es positivo o negativo a la presencia de invasoras.

8 LA IMPORTANCIA DE LA DETECCIÓN TEMPRANA

8.1 DIAGNÓSTICOS RÁPIDOS COMO ALTERNATIVAS PARA LA DETECCIÓN DE ESPECIES INVASORAS

La detección temprana de especies exóticas debería estar basada en un sistema de monitoreo constante que permita encontrar especies recientemente establecidas. No obstante, no todas las especies se establecerán, y solo un pequeño porcentaje de las que se establecen se convierten en invasoras y representan una amenaza para la biodiversidad y la economía. Por esto, el monitoreo tendrán que centrarse en puntos o regiones concretas.

Los SIG y las tecnologías asociadas (Sensores Remotos, GPS, etc.) son básicos para poder monitorear la ocurrencia espacial actual y potencial, así como para facilitar un programa de prevención y control (Ramírez y Mendoza, 2005; GISP, 2010). En este intento para prevenir, mitigar y controlar los impactos derivados de las especies exóticas y de las que se pueden convertir en invasoras se han diseñado algunas herramientas conceptuales y

matemáticas como los modelos de distribución de nicho ecológico de las especies invasoras para predecir áreas de invasión considerando las condiciones climáticas futuras, sin embargo ninguno de los trabajos revisados plantean el análisis de los factores antrópicos como factor de incremento de las invasiones biológicas, a pesar de conocer que el humano es el responsable de mover las especies fuera de su rango de distribución natural, a través de sus actividades económicas o recreativas. Los modelos de distribución de nicho, en combinación con los SIG, el conocimiento sobre la biología de las especies, los análisis de riesgo (NIMF N° 11) con la integración de variables antrópicas, harán posible orientar medidas de prevención considerando las vías de entrada y dispersión más probables, por lo que en el presente trabajo se plantean como objetivos los siguientes:

1. El uso de tecnologías de información geográficas, especialmente sensores ópticos y remotos, ha sido de gran ayuda en el establecimiento de nuevas estrategias de muestreo masivo, que son innovadoras, efectivas e indispensables para poder realizar la detección temprana de plagas y enfermedades de especies vegetales.
2. Estos sistemas de visión artificial son herramientas poderosas para la inspección automática utilizado para verificar la calidad de productos agropecuarios como frutas y verduras (parámetros externos y características internas), carne y pescado [26] y el monitoreo de estas durante su almacenamiento. Por ejemplo, la calidad de una determinada fruta o verdura fresca o procesada se define por una serie de características fisicoquímicas que la hacen más o menos atractiva para el consumidor, como su madurez, tamaño, peso, forma, color, presencia de manchas y enfermedades, la presencia o ausencia de tallos de fruta, la presencia de semillas y su contenido de azúcar. Estas características cubren todos los factores que influyen en la apariencia del producto, en sus cualidades nutritivas y organolépticas o en su aptitud para la conservación. La mayoría de estos factores han sido tradicionalmente evaluados mediante inspección visual realizada por operadores capacitados, pero hoy en día, muchos de ellos se calculan con sistemas de visión comercial mediante el uso de sensores espectrales e hiperespectrales. A continuación, se abordará dos ejemplos de sensores que permiten realizar diagnósticos rápidos de plagas y enfermedades en especies vegetales o productos agropecuarios.

8.1.1 Cámaras hiperespectrales

Estos sensores hiperespectrales se pueden utilizar para obtener información espectral y espacial de un objeto sobre el ultravioleta visible y regiones del infrarrojo

cercano del espectro electromagnético (300 nm-2600 nm). Las imágenes que se obtienen (hiperespectrales) tienen la capacidad de recopilar información espectral y espacial grande y detallada. En el caso de la calidad e inocuidad de productos agropecuarios permite la detección de contaminaciones, incluidas plagas y enfermedades, y la identificación de defectos y cuantificación de componentes.

Estos sensores también han sido utilizados en estudios toxicológicos en alimentos, análisis para identificar plantas transgénicas, estudios para determinar la presencia de especies vegetales en una región, detección de insectos en suelo, etc. [32].

Los sistemas hiperespectrales proporcionan información sobre componentes individuales o daños que sólo pueden percibirse en longitudes de onda particulares y pueden utilizarse como una herramienta para desarrollar nuevos sistemas de visión por ordenador adaptados a objetivos particulares. Permiten que grandes cantidades de frutas o verduras sean inspeccionadas individualmente y proporcionen estadísticas sobre el lote. En general, los sistemas artificiales no sólo sustituyen la inspección humana, sino que también mejoran sus capacidades.

8.1.2 ¿Cómo funcionan?

A nivel molecular, todas las muestras de alimentos o especies vegetales emiten y absorben energía continuamente mediante la reducción o el aumento de sus niveles de energía moleculares. Las longitudes de onda en la que las moléculas absorben, reflejan y transmiten radiaciones electromagnéticas son características de su estructura. Las ondas electromagnéticas por lo general incluyen la radiación ultravioleta (UV), la luz visible (VIS), el NIR, el infrarrojo medio y el infrarrojo lejano (FIR). Cada región está relacionada con un tipo específico de transición atómica o molecular que corresponden a diferentes frecuencias. Como con cualquier material biológico, los tejidos de los alimentos se mantienen unidos por diferentes carbonos y enlaces moleculares, cuando una muestra de alimento se expone a ondas de luz electromagnéticas se transmiten a través de él y la energía de la onda electromagnética incidente genera cambios debido a los estiramientos, la flexión y las vibraciones de los enlaces químicos.

La espectroscopia es capaz de facilitar las impresiones dactilares características y detalladas de las muestras de alimentos u otros productos o especies vegetales, por el uso de estos cambios observados en los niveles de energía moleculares. A nivel macro, la onda electromagnética se observa como la luz, y la transición de la onda electromagnética incidente se muestra como la reflexión, la dispersión, y la transmisión de la luz. Dado que

la parte absorbida de la luz penetra en el tejido de las muestras, la fuerza y las longitudes de onda de emisión y absorción dependen de los estados físicos y químicos de la materia objetiva. La luz que emerge se convierte a un espectro transformada en imágenes por hiperspectrómetros con una amplificación de señal sobre el ruido emitido. Estas imágenes obtenidas (imágenes hiperspectrales), podrían indicar la química, los componentes y las propiedades físicas de las muestras. Las capacidades de un sistema de visión artificial van más allá de la limitada capacidad humana para evaluar objetivamente los procesos a largo plazo o para apreciar eventos que tienen lugar fuera del espectro electromagnético visible.

8.1.3 Caso de cancro de los cítricos (*Xanthomonas citri* subsp. Citri)

Cancrio de los cítricos es una enfermedad causada por la bacteria patógena *Xanthomonas citri* subsp. citri, que afecta seriamente a los cítricos. Es originaria de Asia y considerada en Florida, EUA una especie invasora que ha producido un impacto político y socioeconómico de gran alcance y que ha tenido implicaciones para el comercio nacional e internacional. Se encontró por primera vez en 1912, se extendió por todo el sureste de Estados Unidos, pero se logró erradicar en 1933. Sin embargo, ha sido detectado y erradicado continuamente a lo largo de este tiempo.

Xanthomonas citri subsp. Citri causa lesiones en tallo, ramas y frutos. Las lesiones en fruto son similares a una ampolla, bronceadas y pueden estar rodeadas de amarillo en función de la madurez del fruto.

Es por eso que autores como Balasundram y colaboradores (2009) utilizaron imágenes hiperspectrales para determinar las longitudes de onda significativas para clasificar el cáncer de los cítricos y emplearlas como una herramienta eficaz para la realización de diagnósticos rápidos y masivos, entre otras condiciones de la cáscara utilizando toronja, una variedad susceptible a esta enfermedad. En su estudio encontraron que los espectros de reflectancia de frutos sanos y enfermos obtenidos a partir del espectrofotómetro, tenían características distintas. Es decir, las propiedades espectrales del fruto infectado con cancro frente a la fruta del mercado demostraron una diferencia espectral de la firma. Ellos lo atribuyen no solo a la diferencia en coloración entre los frutos, también a la cantidad de humedad de estos. Mientras que frutos sanos presentan mayor cantidad de humedad, una vez infectado el fruto con el patógeno empieza a perder humedad teniendo así longitudes más bajas que las de los frutos sanos.

Mediante las imágenes hiperespectrales también es posible detectar materias extrañas que tengan una composición diferente a la del producto inspeccionado como insectos. Estudios como los de Huang y colaboradores (2014) demostraron que las imágenes hiperespectrales también permiten diferenciar entre un fruto sano y otro que ha sido infestado con un insecto.

8.2 ESPECTROSCOPIA RAMAN

Espectroscopia óptica RAMAN es otra técnica no invasiva que consiste en registrar los espectros de las hojas de las plantas sanas e infectadas (señales Raman). La diferencia en la intensidad de las bandas se propone como una base para la detección temprana de plagas y enfermedades en plantas. Es decir, la dispersión de luz inelástica en base a una fuente monocromática, proporciona información sobre la composición química mediante el registro de las vibraciones moleculares de los componentes (huella espectral).

Esta técnica es fácil de llevar a cabo y sólo requiere un equipo compacto que puede ser portátil. Puede detectar sutiles cambios moleculares y bioquímicos en los tejidos, y puede utilizarse en los organismos vivos y permite caracterizar la estructura química de los tejidos y distinguir entre las normales y enfermas o infestadas. Permite diagnósticos rápidos de bajo costo, simples, y prácticos de administrar, y produce resultados inmediatos. Estas son características esenciales para las actividades de vigilancia epidemiológica fitosanitarias que puedan llevar a cabo una selección específica de los árboles altamente sospechosos para someterse a análisis de ADN molecular.

Ejemplo de ello es el estudio realizado por Yeturu y colaboradores (2016) donde utilizó espectroscopia RAMAN para la detección temprana del virus del mosaico de Abutilon (AbMV) (familia Geminiviridae; género Begomovirus), virus que infecta importantes cultivos ornamentales en todo el mundo; *hybridum* Abutilon muestra síntomas de mosaico de color amarillo brillante que se observaron en los jardines en Tumbaco, Ecuador. La infección se confirmó mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), con el fin de evaluar la espectroscopia Raman como herramienta de diagnóstico para la infección AbMV, se registraron los espectros de las hojas de las plantas sanas e infectadas mediante señales Raman de los carotenoides porque son la característica más importante en la enfermedad, es decir la cantidad de carotenoides cuando la planta adquiere la enfermedad. Por tanto, hay una disminución significativa en

la intensidad de estas bandas cuando se infecta la planta, este efecto se propone como una base para la detección temprana de la infección viral en las plantas.

Otros estudios han informado de que las plantas de cítricos infectados por HLB (*Candidatus liberibacter asiaticus*), tanto sintomáticos como asintomáticos, presentan signos de la acumulación atípica de gránulos de almidón en el citoplasma y orgánulos, debido a que la transcripción de DPE_2 y MEX_1 , genes que lo regulan. También hay desequilibrios en la distribución y concentración de azúcares, tales como sacarosa, fructosa, glucosa y maltosa, y los cambios en la concentración y síntesis de fitohormonas, por nombrar algunas alteraciones fisiológicas.

La metodología para la detección temprana de plagas y enfermedades mediante espectroscopia Raman ha sido evaluada y validada por la comunidad científica internacional "Applied Spectroscopy". Ahora bien, dos componentes básicos de la evaluación del impacto de las plagas de especies vegetales son el monitoreo de sus niveles poblacionales y la detección de su patrón de distribución espacial, estas técnicas descritas anteriormente (análisis de imágenes hiperespectrales y espectroscopia RAMAN) pueden utilizarse para poder establecer un patrón de distribución espacial de patógenos o insectos, ya que se tiene como respuesta una firma o huella espectral que puede ser identificada en una imagen satelital. Es decir, la información derivada de muestreos en campo o laboratorio, puede visualizarse y analizarse en un contexto geográfico.

Esto permite también realizar muestreos virtuales o interpolaciones para discernir zonas o espacios con presencia de plagas o enfermedades de las que se encuentran libres de estas.

Estos dispositivos podrían ser utilizados en las regiones donde se concentra el mayor número de nuevas plagas y enfermedades en México, que corresponden a nodos de gran actividad turística que reciben más de 2 millones de visitantes internacionales al año (Península de Yucatán e Istmica Chiapaneca) donde se tiene el arribo de más de x vuelos internacionales, que presenta más de 9 puertos marítimos de gran calado para recibir más de x cruceros al año y 4 aduanas que no inspeccionan oficialmente, o por los menos no reportaron ningún dato en los últimos 20 años. Pues las plagas que se introdujeron y reportadas oficialmente en esta región fueron en: 1999 *Toxoptera citricida*, 2002 *Diaphorina citri*, 2004 *Thrips palmi*, 2006 *Cactoblastis cactorum*, 2008 *Papaya meleira virus*, 2009 *Candidatus liberibacter asiaticus*, 2009 *Raoiella indica*, *Tilletia*

barclayana, 2010 *Puccinia kuehnii*, localizadas en jardines de hoteles de gran turismo, áreas naturales protegidas, jardines urbanos y traspatios.

También podrían colocarse en los puntos de ingreso ubicados a lo largo de la frontera norte con EUA, donde se realizan un gran número de detecciones en aduanas y se caracterizan por tener el llamado turismo de menos de 24 horas, población mexicana que pasa a EUA para trabajar durante el día y regresa a México por la tarde. E incluso podrían utilizarse para monitorear áreas naturales protegidas, traspatios, estaciones de autobuses, hoteles y áreas urbanas sitios idóneos para el establecimiento de organismos exóticos o invasores ya que estas áreas sirven como refugio para estos organismos. Sin embargo, es necesario mencionar que estos dispositivos o sensores deben colocarse con una biblioteca de firmas espectrales para que se pueda hacer el reconocimiento y la diferenciación cuando se presente un patógeno o insecto en los puntos de ingreso donde pasen las personas o cargamentos. Por lo que es importante comenzar a construir esta.

9 ANÁLISIS Y CONCLUSIÓN

El aumento de las amenazas mundiales a la bioseguridad para la salud de las plantas en cultivos y ecosistemas se ha relacionado estrechamente con el aumento del comercio mundial y la expansión del turismo. Una amplia gama de actores sociales, económicos y políticos están implicados y afectados por el movimiento de plagas y enfermedades a lo largo de estas vías internacionales. Varios factores afectan las acciones de los interesados y del público en general, incluidos sus valores y motivaciones, cómo se perciben y se actúa sobre los riesgos, su capacidad para actuar, así como el entorno regulatorio y económico existente.

Comprender estos factores es clave para cualquier intento futuro de mejorar la política y la práctica de la bioseguridad en el tema de las especies invasoras, presentando la evidencia sobre seis dimensiones clave: (1) el papel de los diferentes actores y el público en general dentro de la salud de las plantas; (2) niveles de conocimiento y conciencia de las plagas y enfermedades de entre la variedad de grupos de "usuarios" de los usuarios finales, e influencias en sus actitudes y prácticas; (3) aceptabilidad social de los enfoques de gestión; (4) el impacto de los acuerdos de gobernanza formales e informales; (5) comunicación de riesgos; (6) análisis económicos sobre el impacto de las plagas. A menudo una tarea clave de las ciencias sociales en la naturaleza la gestión de

recursos ha sido diseñar un mapa relevante partes interesadas y sus posibles interacciones con un proyecto.

Los problemas fitosanitarios afectan y son afectados por muchas personas, grupos y organizaciones, pero por lo poca investigación que se ha llevado a cabo para entender este amplio panorama de partes interesadas es difícil gestionar o dirigir los esfuerzos. Hasta ahora, el análisis de las partes interesadas ha contribuido a diseño de desarrollo de políticas e implementación operativa identificando los objetivos y roles de diferentes grupos de actores, y ayudar a formular formas apropiadas de compromiso con estos grupos (Gilmour y Beilin 2007; Reed 2008; Allen y Kilvington 2010; Marzano et al. 2015).

Se requieren de investigaciones que mapen y categoricen a las partes involucradas en relación con los brotes de plagas seleccionados. Usar un enfoque de estudio de caso para integrar al análisis de vías y una reflexión histórica crítica sobre la práctica de manejo de brotes donde se incluyan, por ejemplo, 'gobernadores' (legisladores), "perdedores de valor" (aquellos que sufren reducciones en valor económico y no económico a través de pérdidas de árboles) y "contribuyentes" (que se benefician de actividades, tales como comercio, cómplice en brotes de plagas) junto con varios otros, para que exista un manejo exitoso de las plagas basado en una rango de actividades que ocurren en diferentes escalas. Allen y Horn (2009), por ejemplo, identifican tres niveles: estrategia y desarrollo de políticas, locales u operaciones basadas en sectores, y públicos 'periféricos'. Basándose en un marco desarrollado en el campo de salud animal y vegetal (Fish et al., 2011), Dandy et al. (2013) también identificó acciones y comportamientos clave de bioseguridad en tres niveles: estratégico, táctico y operativo.

Además, incorporar el factor tiempo y espacio para introducirlos en un modelo por etapas. Por ejemplo, en detección temprana y movilización (por ejemplo, cuando una plaga se moviliza en etapas), los encargados de regular y observar las vías de plagas durante etapas intermedias de introducción, liberación, establecimiento y diseminación de plagas, deberán enfocarse en actores clave como inspectores fronterizos y administradores de brotes. Aunque las vías siguen siendo factor importante en cada etapa, se deben considerar en distintas escalas, por ejemplo, partes interesadas que mueven leña domésticamente o los que compran especies de ornato o productos que se mueven por

zonas poco vigiladas. Podría decirse que la simplicidad de los interesados paisaje en estas etapas impulsa la concentración de la acción gubernamental de bioseguridad en este punto.

En etapas posteriores por ejemplo en la mitigación y adaptación, se deben incluir una gran cantidad de individuos, grupos y organizaciones, sin mencionar una variedad de perspectivas y valores, incluidos todos aquellos que extraen valor de los cultivos establecidos y/o bosques.

Siempre será difícil construir altos niveles de conciencia entre el público en general por lo que es tal vez más útil para identificar y orientar a los intermediarios que puede hacer una diferencia a través de su comportamiento acciones y habilidades. Mientras que hay estudios que han indicado el impacto severo de pérdida de biodiversidad y pérdidas económicas en diversos cultivos (Potter et al. 2011), algunos estudios recientes han intentado explorar directamente los enlaces entre la plaga y enfermedades en los valores (De Bruin et al. 2014).

Los valores sociales y culturales asociados con las plantas es probable que influya en cómo las personas y las comunidades responden al manejo de plagas, particularmente si son percibido como una amenaza para el bienestar del individuo o la comunidad (Flint et al., 2009). Los valores inevitablemente se coproducen a través de la interacción humana con las especies en los cultivos y los ecosistemas y dependerá de la percepción de la población la posible respuesta que se dé a la invasión. Un estudio en un parque nacional bávaro en Alemania encuestó a 608 turistas y encontraron que las actitudes hacia la perturbación de ataques nativos de escarabajos de corteza fueron en general positivas, particularmente si los visitantes se presentaron con sólidos argumentos sobre la función de plagas en el ecosistema (Muller y Job, 2009).

Sin embargo, puede ser difícil relacionar evidencia sobre valores sociales y culturales sobre todo en paisajes boscosos específicamente para algunas especies o casos individuales o ubicaciones. Sin esta información, no es fácil evaluar si los daños a estas especies y paisajes dará lugar a una pérdida correspondiente de la vida social y valores culturales o para identificar los valores que están en riesgo (De Bruin et al. 2014).

Es un hecho que las personas prefieren realizar actividades de control y actividades de prevención si su percepción de los impactos es nula o baja, sin embargo el papel de las personas dentro de la salud de las plantas y la bioseguridad es muy importante y variada, por lo que requiere una visión completa para la gestión eficaz donde se coordine

distintas jurisdicciones políticas, diferentes paisajes, poblaciones heterogéneas y datos económicos; que estimen el valor del daño no solo del punto de vista comercial si no que incorpore el valor de las tierras (por ejemplo, propietarios de viviendas y autoridades locales) y los valores culturales.

Es evidente que la prevención perfecta no es factible ni rentable, por los recursos que se requieren para monitorear toda la frontera del país, sin embargo, proporciona beneficios al reducir la probabilidad de invasión y retraso de los impactos, reduciendo los daños esperados. Sensibilizar a las partes interesadas sobre las plagas puede facilitar la detección temprana y efectividad de las respuestas de manejo y favorecer la gestión exitosa de bioseguridad. Sin embargo, se necesita más trabajo para comprender mejor los actores específicos y las motivaciones involucradas o Impactado a lo largo de diferentes vías y en 'punto de acceso'. Esto puede apuntalar el comportamiento de riesgo mejorando o cambiando estrategias.

Realizar investigación interdisciplinaria que integre de manera efectiva las ciencias naturales con investigación social y económica proporcionará una contribución más completa y bien fundada al desarrollo de políticas). La inversión de los gobiernos en prevención parecerá más arriesgada que invertir en control o erradicación, ya que se dirige a una incierta probabilidad de invasión, mientras que el control aborda un problema conocido. Sin embargo, el éxito de un enfoque integrado de la investigación depende de fondos públicos comprometidos a largo plazo y de la planificación estratégica que integre conocimientos de ciencias sociales para informar o comunicar el riesgo.

Los métodos de exclusión basados en vías de entrada en lugar de en especies individuales proporcionan el método más eficaz de concentrar esfuerzos en sitios en los que es fácil que las plagas atraviesen las fronteras nacionales, y de interceptar varios posibles invasores relacionados con una sola vía, esto hace que la detección temprana de posibles especies invasoras sea crucial para determinar si la erradicación de la especie es viable.

Otro factor importante es la economía como parte fundamental para comprender y manejo de invasiones biológicas, con actividades económicas como el comercio, los viajes y el movimiento de bienes y las personas ya que son los impulsores clave de la introducción y difusión de especies invasoras, y su establecimiento y propagación puede reducir los beneficios de los sistemas invadidos. Sin embargo, se deben analizar las etapas

y niveles de afectación para que se puedan establecer medidas que respondan a todas las necesidades o se toman decisiones sobre dependiendo los actores involucrados. Además, la economía proporciona herramientas que pueden ayudar a diseñar y evaluar políticas de regulación de especies para lograr mejores objetivos, incluida la asignación de recursos para maximizar el retorno de los recursos invertidos.

Las dependencias deben desarrollar estrategias no solo para mejorar la comunicación sobre las incertidumbres científicas y alternativas de gestión, sino también examinar la cultura de su organización para evaluar cómo pueden apoyar una participación más inclusiva en los procesos. Considerando la percepción de los riesgos dependiendo las escalas.

La investigación futura debe continuar la evaluación y el diseño de estrategias de control en el continuo de la bioseguridad y a través de las especies para mejorar la relación costo-efectividad, incorporar mejor la incertidumbre en el diseño de políticas, aumentar el enfoque en incentivos y herramientas de comportamiento para influir en los comportamientos privados que afectan la propagación de la invasión, e incorporar la consideración de especies invasoras dentro una ciencia más amplia centrada en los sistemas. Además, desafíos en valorar la biodiversidad y el servicio ecosistémico impactos y los costos y la efectividad del control las medidas son brechas de datos clave. Mayor colaboración entre los responsables de la toma de decisiones y los investigadores facilitará desarrollo y comunicación de bienes económicos utilizables investigación.

9.1 CONCLUSIONES

México se divide por regiones en lo que respecta a las plagas invasoras, podemos encontrar la región norte, centro y sur, esto se debe a las dinámicas que se presentan en cada zona. Mientras en la región norte la introducción de las plagas es ocasionado por la migración, movilidad de personas cada 24 horas y por el flujo de mercancías provenientes de Estados Unidos; la zona centro se caracteriza por la presencia de plagas que fueron introducidas o dispersadas por actividades comerciales con el flujo de mercancías que se dirigen hacia las centrales de abasto o el comercio informal y finalmente la región sur que se caracteriza por la presencia de plagas que fueron introducidas por actividades turísticas como la llegada de cruceros e incluso por el paso de mercancías de manera ilegal.

Las áreas que se identifican como potenciales en las zonas urbanas son los parques, jardines y centrales de abasto, debido a la falta de monitoreo y vigilancia aun a pesar de encontrarse en estos los hospedantes de las plagas. En zonas rurales las áreas potenciales de distribución además de los cultivos son las áreas naturales protegidas donde se encuentran presentes hospedantes silvestres o introducidos, pero por la gestión, organización y operación de las instituciones encargadas de su cuidado presentan un ambiente idóneo para la distribución y establecimientos de plagas.

Como se comentó anteriormente México se divide por regiones en el tema de especies invasoras, esto ocasiona que el abordaje, control o erradicación de estas especies sea distinto. Mientras que en la región norte aun cuando es la región donde más flujo de mercancías y personas existe, los cultivos cercanos a estas áreas son monitoreados constantemente no solo por el gobierno federal también por los propios dueños de esos cultivos, puesto que la gran mayoría de los productos producidos son destinados a la exportación, en caso de encontrarse una plaga y dispersarse podría ocasionar graves daños económicos no solo a un productor si no a todos los de la región.

En la zona sur es distinto, aun a pesar de encontrarse cultivos de exportación, predominan los productores que distribuyen sus productos al autoconsumo, venta local o regional. Esto ocasiona que los beneficios que obtienen de sus productos sean mínimos y por lo tanto se destine muy poco a la vigilancia epidemiológica de estos.

Definitivamente en los instrumentos legales donde se abarca el tema de especies invasoras y donde se incluyen estrategias para el monitoreo de estas o control, aún no logran incorporar los Sistemas de Información Geográfica esto a pesar de que en estos mismos instrumentos se reconoce que uno de los responsables de la introducción de especies invasoras es la movilidad humana. Con los sistemas de información geográfica se permitiría realizar análisis en tiempos reales y modelados para poder predecir la llegada de estas especies de acuerdo a las variables identificadas como de riesgo. La incorporación del uso de estos sistemas podría reafirmarse en las normas Internacionales Fitosanitarias, que son aquellas que marcan las pautas hasta ahora para el comercio de mercancías agropecuarias.

10 ¿QUÉ FALTA?

Es de vital importancia abordar desde la perspectiva educativa el creciente impacto de las especies exóticas invasoras, ya que en la mayoría de los casos su introducción y dispersión resulta de las actividades humanas; tienen efectos no sólo en los ecosistemas y la vida silvestre, sino en la salud humana y las actividades productivas de las cuales dependen la economía y el bienestar social. El conocimiento sobre las especies invasoras y sus efectos es aún insuficiente.

Es necesario un esfuerzo educativo que responda a las dimensiones del problema para informar, sensibilizar y concientizar a los diferentes actores involucrados directa e indirectamente. Para ello se requiere un diseño educativo específico enfocado en las condiciones particulares de cada uno de los sectores sociales a los que se dirige; esfuerzo que requiere de la cooperación interinstitucional en la conformación de grupos de trabajo, la oportuna participación de los medios de comunicación y, sobre todo, la disposición de los distintos sectores y organizaciones civiles. Los programas de educación ambiental contribuyen a prevenir la introducción y a la detección temprana de especies exóticas, lo cual es menos costoso que la puesta en marcha de programas de control y erradicación.

Estas necesidades exigen que la sociedad esté informada oportunamente y a fondo y sea conocedora de los impactos ecológicos, económicos y sociales que generan estas especies. Una vía de solución es poner al alcance del público información oportuna, con conocimientos de alta calidad que sean significativos, completos y acordes a los grupos sociales a los que se dirija, orientando el contenido hacia un enfoque de prevención de impactos. De manera especial, deben dirigirse esfuerzos específicos de orientación e información hacia distintos importadores y consumidores que introducen especies exóticas con fines comerciales para la agricultura.

11 BIBLIOGRAFÍA

- Baker, H. G. 1986. Patterns of plant invasion in North America. Pp. 44-57. In: H. A. Boinemelis R., W. Born, I. Monterroso, and B. Rodríguez-Labajos. 2007. Socio-Economic Impact and Assessment of Biological Invasions. En: Nentwig W. (edición). Biological Invasions, Springer, Berlin, 331-347 pp.
- Born, W et al. 2005. Economic evaluation of biological invasions: a survey. Ecological Economics 55:321-336.

- Borror, D. C. A. Triplehorn y N. F. Johnson. 1989. An introduction to the study of Insects. Saunders College Publishing. 875 pp.
- CAB International. 2003. Crop protection compendium, Global Module, 4th edition. CAB International, Wallingford.
- Callaway R. M and W M Ridenour. 2004. Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability. *Front Ecol Environ* 2(8): 436–443.
- Challenger A, J Caballero. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México DF 847 pp.
- Camus, P. et al. 2005. Introducción e Invasión de especies en ambientes Chilenos. Simposio Sociedad de Ecología de Chile. XLVIII Reunión anual de la Sociedad de Biología de Chile. Santiago de Chile.
- Causton, C., S. B. Peck, B.J. Sinclair, L. Roque-Albelo, C. J. Hodgson y B. Landry. 2006. Alien Insects: Threats and Implications for Conservation of Galapagos Islands. *Annals of the Entomological Society of America*. 99: 121-143.
- Charles H. and J. S. Dukes. 2007. Impacts of Invasive Species on Ecosystem Services En: Nentwig W. (ed). *Biological Invasions*, Springer, Berlin 193: 217-237
- Cohen; N. C. Ellstrand; D. E. McCauley; P. O'Neil; I. M. Parker; J. N. Thompson y S. G. Weller. 2000. *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 32: 305-332.
- Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- CONABIO. 2010. Estrategia nacional sobre especies invasoras en México prevención, control y erradicación. SEMARNAT.
- Corporación Chilena de la Madera. 2005. Disponibilidad de Pino radiata en Chile 2003-2032. Consultado el 31 de marzo de 2013 en: www.corma.cl/corma_info.asp?idq=155.
- Cruz Martínez, J. D. et. al. 2007. 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.
- Eiswerth ME, Darden TD, Johnson WS, Agapoff J, Harris TR. 2005. Input-output modelling, outdoor recreation, and the economic impacts of weeds. *Weed Sci* 53:130–137
- Elizalde, J.N.A. 2001. Evaluación de riesgos fitosanitarios en el comercio internacional de productos vegetales. Cibrián-Tovar, J. y SAGARPA. Montecillo, México.
- Elton CS. 1958. The ecology of invasions. London, UK: Methuen.

- FAO. 2001. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. El entorno económico general y la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FAO. 2004. Directrices para el análisis de riesgo de plagas. Normas Internacionales para medidas fitosanitarias. Sección 1, Reglamentación para la importación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Frank, K. D. 1988. Impact of outdoor light on moths: an assessment. *Journal of the Lepidopterist Society* 42: 63- 93.
- García. 2005. Reconstrucción del paisaje del Abalario. Un referente para la restauración ambiental en Doñana. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 350 p.
- GISP. 2010. Especies invasoras en las Reservas de la Biosfera de América Latina y el Caribe. Un Informe técnico para fomentar el intercambio de experiencias entre las Reservas de Biosfera y promover el manejo efectivo de las invasiones biológicas. UNESCO, Montevideo.
- Hair Jr., J. F., R. L. Tatham, R. E. Anderson y W. C. Black. 1998. *Multivariate data analysis with readings*, 5ª edición. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 742 p.
- Hernández, G. 2002. Invasores en Mesomérica y El Caribe. *Invasives in Mesoamerica and the Caribbean* / Gabriela Hernández; Enrique Lahmann; Ramón Pérez-Gil. 1ª edición. San José, C.R.: UICN, USDA.
- Hulme, P. E. 2009 Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology*, 46: 10–18
- IMTA, TNC-México, CONABIO, Aridamérica y GECI. 2008. Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: Prioridades en México. Jiutepec, Morelos. 44 pp.
- IUCN. 1999. Especies Invasoras Exóticas, Cuarta Reunión del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico. International Union for Conservation of Nature. Montreal.
- Jones et al. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, 69: 373–386.
- Johnson, I. et al. 2001. Role of Knowledge in assessing nonuse values for natural resource damages. *Growth and Change* 32:43-68.
- Kriesch, P. 2007. Training and Implementation Guide for Pathway Definition, Risk Analysis and Risk Prioritization. National Invasive Species Council.
- Larson, B. 2007. Who's invading what? Systems thinking about invasive species. *Canadian Journal of Plant Science* 87: 993-999
- Levine, J.M., Vila, M., D'Antonio, C., Dukes, J.S., Grigulis, K. y Lavorel, S. 2003. Mechanisms underlying the impact of exotic plant invasions. *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 270, 775–781.
- Liebhold, et al. (2006). Airline Baggage as a Pathway for Alien Insect Species Invading the United States. *American Entomologist*, 52: 48-54.

- Lockwood, J.L., M.F. Hoopes y M.P. Marchetti. 2007. *Invasion ecology*. Blackwell Publishing. Oxford.
- Lomas, E. 2008. *Dispersión de insectos por las luces de los barcos en la Isla Galápagos: una prioridad de conservación*. Tesis de Licenciatura para optar como Biólogo. Universidad Central de Ecuador. Directores: PhD. Lázaro Roque-Albelo y Dr. Nelson Gallo. Financiamiento por Fundación Charles Darwin, Junio, 2008.
- López, B. et al. 2006. *El valor económico como indicador de la amenaza de las especies invasoras. El caso de los Parques Nacional y Natural de Doñana*. Universidad Autónoma de Madrid. España.
- López, Z. 2009. *Enlazando especies exóticas invasoras y educación ambiental. La ciencia y el hombre*. México XXII: 2.
- McGarigal, K., S. Cushman y S. Stafford. 2000. *Multivariate statistics for wildlife and ecology research*. Springer Verlag, N. York. 248 p.
- McNeely, J. et al. 2001. *A global strategy on invasive alien species*. Gland, Suiza y Reino Unido Millennium Ecosystem Assessment . 2005. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Mittermeier, R. A., P. R. Gil, C. G. Mittermeier. 1997. *Megadiversity. Earth's biologically wealthiest nations*. Conservation International, Washington, D.C.
- Mooney y J. A. Drake (eds.). 1986. *Ecology of Biological Invasions of North America and Hawaii*. Springer-Verlag. N. Y.
- Nentwig W. 2007a. *Biological Invasions: why it Matters* En: Nentwig W. (ed). *Biological Invasions*, Springer, Berlin 193: 1- 6.
- Nentwig W. 2007b. *General Conclusion, or what Has to be Done now?* En: Nentwig W. (ed). *Biological Invasions*, Springer, Berlin 193: 419-423
- Orr, R. y Fisher, Jeffrey. 2009. *Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies invasoras*. Comisión para la Cooperación Ambiental. Publicado en: www.ccc.org
- Peck, S. B. 1994b. *Air dispersal of insects between and to islands in the Galapagos Archipelago, Ecuador*. *Annals of the Entomology Society of America*, 87: 218-244.
- Perrault, A; Bennet, M; Burgiel, S; Delach, A y Muffett, C. 2010. *Especies invasoras, agricultura y comercio: estudios de caso en el contexto del TLCAN*.
- Perrings, C. 2005. *The socioeconomic links between invasive alien species and poverty*. Informe para el Programa Global de Especies Invasoras (GISP), 35 pp. Consultado en: (<http://www.gisp.org/publications/economic/Perrings.pdf>).
- Pimentel, D.; L. Lach; R. Zuniga y D. Morrison. 2000. *Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States*. *BioScience* 50: 53-65.
- PNUMA, 2010. *Perspectivas del Medio Ambiente: América Latina y el Caribe*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Tomado de <http://www.pnuma.org>

- Preston, Pearman y Hall, 2004.
- Ramírez, C. y Mendoza, R. 2005. La producción y comercialización de peces de ornato de agua dulce en México, como vector de introducción de especies acuáticas invasivas”, en Memorias del XXXVII Simposio del Consejo sobre Peces del desierto, Cuatro Ciénegas, Coahuila, México.
- Richardson D. M., P. Pyšek and J. T. Carlton. 2011. A Compendium of Essential Concepts and Terminology In Invasion Ecology En: Fifty Years of Invasion Ecology: The Legacy of Charles Elton, (Ed) David M. Richardson. Blackwell Publishing Ltd.
- Roque-Albelo, L., M. Berg, M. Galarza. 2006. “Polizontes peligrosos”, dispersión de insectos entre las islas Galapagos en barcos de turismo. Informe de investigación. Fundación Charles Darwin para las Islas Galapagos A. I. S. B.L.
- Ruiz, G. M.; T. K. Rawlings; F. C. Dobbs; L. A. Drake y T. Mulladay. 2000. Global spread of microorganisms by ships. *Nature* 408: 49-50.
- SAGARPA-SENASICA. 2009. Situación de la Palomilla del nopal (*Cactoblastiscactorum*Berg.) para México.
- SAGARPA. 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-006-FITO-1996. Por la que se establecen los requisitos mínimos aplicables a situaciones generales que deberán cumplir los vegetales, sus productos y subproductos que se pretendan importar cuando éstos no estén establecidos en una Norma Oficial específica.
- Sakai, A. N.; F. W. Allendorf; J. S. Holt; D. M. Lodge; J. Molofsky; K. A. With; S. Baughman; R. J. Cabin; J. E.
- SCT. Sin año. Situación del Sistema Portuario Nacional
- Steffen W., A. Sanderson, P.D. Tyson, J. Jäger, P.A. Matson, B. Moore III, F. Oldfield, K. Richardson, H.J. Schellnhuber, B.L. Turner, R.J. Wasson. 2004. *Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure* published by Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. ISBN 3-540-40800-2.
- USDA-APHIS- Hungry Pest.2012. **USDA Urges Americans to Prevent Invasive Pests, Protect American Agriculture.** Consultado en: <http://www.aphis.usda.gov>
- Vilá, M., S. Bacher; P. Hulme; M. Kenis; M. Kobelt; M. Nentwig; W. D. Sol y W. Solarz.2006. Impactos ecológicos de las invasiones de plantas y vertebrados terrestres en Europa. *Ecosistemas*. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente. Encontrado en: http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=425&Id_Categoria=2&tipo=portada
- Vitousek P. M., H. A. Mooney, J. Lubchenco, J. M. Melillo. 1997. Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science* 277, 494.