



**NAPPO**

North American Plant Protection Organization  
Organización Norteamericana de Protección a las Plantas

## **Documento de discusión de la NAPPO**

### **DD 02: Cambio climático y análisis de riesgo de plagas**

**Preparado por los miembros de los Paneles de Análisis de Riesgo de Plagas y Especies Invasoras de la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO)**

Diciembre del 2011

## Índice

	página
Introducción.....	3
Ámbito .....	3
Definiciones y siglas.....	4
1. Antecedentes .....	7
2.1 Pronósticos mundiales .....	8
2.2 Cambio climático en Norteamérica.....	9
3. Efectos del cambio climático en las especies invasoras .....	11
3.1 Efectos del cambio climático en la entrada .....	13
3.2 Efectos del cambio climático en el establecimiento.....	15
3.3 Efectos del cambio climático en la dispersión .....	18
3.4 Cambio climático y actividades de los humanos: efectos en la entrada, el establecimiento y la dispersión de plagas .....	20
3.5 Efectos del cambio climático en los impactos de las plagas .....	21
4 Cambio mundial – la interacción de los factores de estrés del cambio mundial.....	22
5. Cambio climático y análisis de riesgo de plagas .....	22
5.1 Incertidumbre en los modelos climáticos y bioclimáticos .....	23
5.2 Modelos de cambio climático y ARP – asuntos de escala espacial .....	25
5.3 Modelo de cambio climático y ARP – asuntos de ámbito temporal .....	25
5.4 Adecuado para el fin: ARP como una herramienta de apoyo de decisiones de la CIPF .....	26
6. Aspectos legales sobre la interpretación de la función del cambio climático en la elaboración del ARP.....	27
7. Conclusión y recomendaciones .....	29
Referencias .....	30
Anexo 1: La función de la precaución .....	36
Apéndice 1: Antecedentes del tratado fitosanitario .....	37

## Introducción

La comunidad científica ya ha aceptado ampliamente el hecho de que nuestro clima está cambiando a una tasa sin precedentes debido a las actividades de los seres humanos, específicamente las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero a la atmósfera. El informe más reciente del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por su sigla en inglés) indica que: “el calentamiento del sistema climático es inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar” (IPCC 2007). Según los modelos de pronósticos, el cambio mundial y regional del clima en este siglo se caracterizará por temperaturas elevadas, regímenes alterados de precipitación y aumentos en la frecuencia de eventos extremos. Estos cambios en los patrones climáticos afectarán en forma directa tanto a los seres humanos como a los sistemas biológicos, incluyendo la capacidad de las plagas y especies invasoras<sup>1</sup> de establecerse en ecosistemas nuevos y dispersarse hacia ellos. Por consiguiente, es necesario que los gobiernos y las organizaciones en todos los niveles aborden de manera proactiva el cambio climático, examinando las formas en las cuales podrá afectar sus mandatos y crear, de ser necesario, medidas de mitigación y adaptación. Este documento de discusión representa el primer intento de la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO) de documentar las formas en las cuales el cambio climático podría afectar las actividades de protección a las plantas, y específicamente para discutir las implicaciones del cambio climático en el comportamiento de las plagas y en el análisis de riesgo de plagas.

## Ámbito

A los paneles de Análisis de Riesgo de Plagas (ARP) y de Especies Invasoras (EI) de la NAPPO (PRA) se les asignó la tarea de redactar un documento de discusión sobre la posibilidad de que el cambio climático afecte la capacidad de dispersión y establecimiento de las plagas en áreas nuevas, incluyendo las repercusiones en el proceso existente de análisis de riesgo de plagas (ARP). El mismo no tiene la intención de ser una declaración de posición, si no más bien una discusión de las formas en las cuales el cambio climático podría ser pertinente para las actividades de la NAPPO. Para elaborar dicho documento, se designó a un grupo de trabajo integrado por miembros de ambos paneles.

Específicamente, el ámbito de esta tarea es:

- Revisar la literatura científica sobre cambio climático en cuanto se relaciona al proceso de ARP;
- Redactar un documento de discusión que examine:
  - Los posibles efectos del cambio climático en la capacidad de dispersión y establecimiento de plagas en áreas nuevas, y,
  - Las implicaciones / pertinencia de estos efectos en el proceso de ARP existente.

---

<sup>1</sup> Los términos ‘plaga’ y ‘especie invasora’ se han definido en varias formas y se ha discutido la relación entre ellos en otros casos (por ejemplo, Secretaría de la CIPF 2005; Tanaka y Larson 2006). En este documento, utilizamos las definiciones que figuran en la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) y el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) (véanse las definiciones abajo)

## Definiciones y siglas

Las definiciones de los términos fitosanitarios y las siglas que se utilizan en este documento se han tomado, en orden de prioridad, de los siguientes documentos: (1) NIMF 5. Glosario de términos fitosanitarios.2 Roma, CIPF, FAO; (2) NRMF 5. Glosario de términos fitosanitarios, Ottawa, NAPPO; o (3) la IPCC Fourth Assessment Report, Annex II Glossary (IPCC 2007). Obsérvese que las definiciones se han tomado textualmente de su documento original.

**Acuerdo MSF:** Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la Organización Mundial del Comercio.

**adaptación:** Iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados de un cambio climático. Existen diferentes tipos de adaptación; por ejemplo: preventiva y reactiva, privada y pública, y autónoma y planificada. Algunos ejemplos de adaptación son la construcción de diques fluviales o costeros, la sustitución de plantas sensibles al choque térmico por otras más resistentes, etc. (3).

**análisis de riesgo de plagas:**3 Proceso de evaluación de las evidencias biológicas u otras evidencias científicas y económicas para determinar si un organismo es una plaga, si debería ser reglamentado, y la intensidad de cualesquiera medidas fitosanitarias que hayan de adoptarse contra él (1).

**antropógeno:** Resultante de la actividad del ser humano o producido por este (3).

**ARP:** Análisis de riesgo de plagas (1).

**atmósfera:** Envoltura gaseosa que circunda la Tierra. La atmósfera seca está compuesta casi enteramente por nitrógeno (coeficiente de mezclado volumétrico: 78,1%) y oxígeno (coeficiente de mezclado volumétrico: 20,9%), más cierto número de gases traza, como el argón (coeficiente de mezclado volumétrico: 0,93%), el helio, y ciertos gases de efecto invernadero radiativamente activos, como el dióxido de carbono<sup>4</sup> (coeficiente de mezclado volumétrico: 0,035%) o el ozono. Además, la atmósfera contiene vapor de agua, que es también un gas de efecto invernadero, en cantidades muy variables aunque, por lo general, con un coeficiente de mezclado volumétrico de 1% aproximadamente. La atmósfera contiene también nubes y aerosoles (3).

**cambio climático:** Variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus

<sup>2</sup> Las normas de la CIPF, denominadas NIMF o Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias, están disponibles en el sitio web de la CIPF en la siguiente dirección: <https://www.ippc.int/IPP/En/default.jsp>

<sup>3</sup> El párrafo 4 del Anexo A del Acuerdo MSF presenta la siguiente definición del término evaluación del riesgo: Evaluación de la probabilidad de entrada, radicación o propagación de plagas o enfermedades en el territorio de un Miembro importador según las medidas sanitarias o fitosanitarias que pudieran aplicarse, así como de las posibles consecuencias biológicas y económicas conexas.... El Acuerdo MSF no hace referencia al manejo del riesgo en sí, aunque el concepto está implícito en que el tema del acuerdo son las "medidas" que resulten de las decisiones fundamentadas en el riesgo. Para alinearse más estrechamente con el Acuerdo MSF, la CIPF, en su revisión de 1997, incluyó varios conceptos del Acuerdo MSF, incluso transparencia y riesgo de plagas. Pero en los casos en los cuales el Acuerdo MSF utiliza el término "evaluación del riesgo", la CIPF utiliza el término "análisis de riesgo de plagas" (ARP).

<sup>4</sup> Los términos en cursiva se definen con más detalle en el documento fuente; no todas estas definiciones se incluyen aquí. Consulte el documento original para obtener más información.

propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales, a forzamientos externos o a cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso de la tierra. La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas, en su Artículo 1, define el cambio climático como “cambio climático atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales (3).

**CIPF:** Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (1).

**clima:** El clima se suele definir en sentido restringido como el estado promedio del tiempo y, más rigurosamente, como una descripción estadística del tiempo atmosférico en términos de los valores medios y de la variabilidad de las magnitudes correspondientes durante períodos que pueden abarcar desde meses hasta millares o millones de años. El período de promediación habitual es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial. Las magnitudes correspondientes son casi siempre variables de superficie (por ejemplo, temperatura, precipitación o viento). En un sentido más amplio, el clima es el estado del sistema climático en términos tanto clásicos como estadísticos (3).

**entrada (de una plaga):** Movimiento de una plaga hacia el interior de un área donde todavía no está presente, o si está presente, no está extendida y se encuentra bajo control oficial (1).

**especie exótica invasora:** Una especie exótica invasora es una especie exótica que a través de su establecimiento o dispersión se ha convertido en dañina para las plantas, o que mediante un análisis de riesgo se ha demostrado que es potencialmente dañino para ellas (1).<sup>5</sup>

**establecimiento:** Perpetuación, para el futuro previsible, de una plaga dentro de un área después de su entrada (1).

**forzamiento externo:** Agente de forzamiento ajeno al sistema climático que induce un cambio en este. Son forzamientos externos las erupciones volcánicas, las variaciones solares, los cambios antropógenos de la composición de la atmósfera y los cambios de uso de la tierra (3).

**GATT (1986-1994):** Ronda Uruguay del Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio.

**IAEA:** Organismo Internacional de Energía Atómica.

---

<sup>5</sup> Cabe indicar que esta definición figura en el Apéndice 1 del Glosario de la CIPF, *Terminología del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) en relación con el Glosario de términos fitosanitarios*. La definición que se presenta es una explicación de la CIPF sobre la definición del CDB.

**introducción:** Entrada de una plaga que resulta en su establecimiento (1).

**IPCC:** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (3).

**medida fitosanitaria** (interpretación convenida): Cualquier legislación, reglamento o procedimiento oficial que tenga el propósito de prevenir la introducción y/o dispersión de plagas cuarentenarias o de limitar las repercusiones económicas de las plagas no cuarentenarias reglamentadas (1).

**mitigación:** Cambios y reemplazos tecnológicos que reducen el insumo de recursos y las emisiones por unidad de producción. Aunque hay varias políticas sociales, económicas y tecnológicas que reducirían las emisiones, la mitigación, referida al cambio climático, es la aplicación de políticas destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a potenciar los sumideros (3).

**NAPPO:** Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (2).

**NIMF:** Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias (1).

**NRMF:** Normas Regionales sobre Medidas Fitosanitarias (2).

**OMC:** Organización Mundial del Comercio.

**plaga:** Cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales (1).

**sistema climático:** El sistema climático es un sistema muy complejo que consta de cinco componentes principales (atmósfera, hidrosfera, criosfera, superficie terrestre y biosfera) y de las interacciones entre ellos. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y por efecto de forzamientos externos, como las erupciones volcánicas o las variaciones solares, y de forzamientos antropógenos, como el cambio de composición de la atmósfera o el cambio de uso de la tierra (3).

**uso de la tierra:** El uso de la tierra es el conjunto de disposiciones, actividades y aportes en relación con cierto tipo de cubierta terrestre (es decir, un conjunto de acciones humanas). Designa también los fines sociales y económicos que guían la gestión de la tierra (por ejemplo, el pastoreo, la extracción de madera o la conservación) (3).

## 1. Antecedentes

La NAPPO reconoce que los efectos del cambio climático en la sanidad vegetal y el manejo de las especies invasoras podría ser un asunto de importancia y gran alcance que enfrentan los administradores del riesgo y también las personas que establecen las políticas puesto que el cambio climático interactuará con otros aspectos estresantes afectando la distribución, dispersión, abundancia y el impacto de las plagas y especies invasoras. Por lo general se espera que el cambio climático empeore los problemas mundiales de las especies invasoras, puesto que los rasgos de las especies que las convierten en invasoras con frecuencia las ayuda a adaptarse rápidamente y a triunfar bajo condiciones cambiantes y en ambientes alterados (por ejemplo, a raíz de eventos climáticos extremos como inundaciones, incendios y sequías (Low 2008)). Sin embargo, aún existe mucha incertidumbre inherente en los pronósticos de cambio climático y el comportamiento de las especies invasoras, y el cambio climático podría causar la emergencia de especies invasoras nuevas a la vez que disminuyan los impactos de otras. La forma de abordar esta incertidumbre en el contexto del análisis de riesgo de plagas, y si de hecho se genera algún beneficio o se encuentra una justificación para hacerlo, todavía es un tema que merecen una discusión profunda.

En octubre del 2009, los Paneles de ARP y EI de la NAPPO realizaron una reunión conjunta en Chicago, Illinois, EE. UU., con el fin de discutir una serie de temas de interés común. En dicha reunión se reconoció que el cambio climático es un tema cada vez más preocupante para la comunidad científica, y el cual tiene repercusiones para las actividades principales de la NAPPO. Se convino en que los paneles trabajarían conjuntamente en un documento de discusión con miras a explorar las formas en las cuales podría ser necesario abordar el cambio climático en el contexto de la NAPPO.

### 2 Perspectiva general del cambio climático

Los estudios que se han realizando sobre el papel de las actividades de los seres humanos en cuanto al aumento de los gases de efecto invernado iniciaron en la década de los cincuenta, cuando las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono se empezaron a monitorear por primera vez en Antártida y Hawai (Agrawala 1998). Desde la década de los setenta, había empezado a cobrar impulso el interés científico serio en cuanto al cambio climático y sus posibles impactos en la sociedad humana, y en 1988 se creó el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por su sigla en inglés) conjuntamente con dos entidades de las Naciones Unidas: la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (Agrawala 1998). El IPCC es un organismo científico con participantes de diversas partes del mundo, el cual revisa y evalúa la información que está disponible y genera informes de evaluaciones del cambio climático a intervalos regulares. Su finalidad es evaluar la información que está disponible en cuanto al cambio climático y presentar un punto de vista científico claro sobre la situación actual de dicho cambio y sus posibles consecuencias ambientales y socioeconómicas.

En su Cuarto Informe de Evaluación (2007), el IPCC indicó que el “el calentamiento del sistema climático es inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar” (IPCC 2007). Once de los doce años que precedieron al informe (1995 a 2006) se clasificaron entre los doce

años más cálidos en el registro instrumental de la temperatura de la superficie mundial (desde 1850). Se demostró que el aumento de la temperatura era una tendencia generalizada en todo el mundo, siendo mayor en latitudes nortes elevadas, con masas terrestres calentándose más rápido que los océanos. Se encontró que el aumento del nivel del mar y la disminución de la nieve y la extensión del hielo eran consecuencias del calentamiento. Se considera que es muy probable que la mayoría de los aumentos observados en la temperatura mundial a mediados de los años mil novecientos se debieron a los aumentos observados en las emisiones antropógenas de los gases de efecto invernadero (IPCC 2007). Existen pruebas de todos los continentes y de la mayoría de los océanos de que los sistemas naturales se están viendo afectados por los cambios regionales de clima, especialmente por los aumentos de temperatura (IPCC 2007).

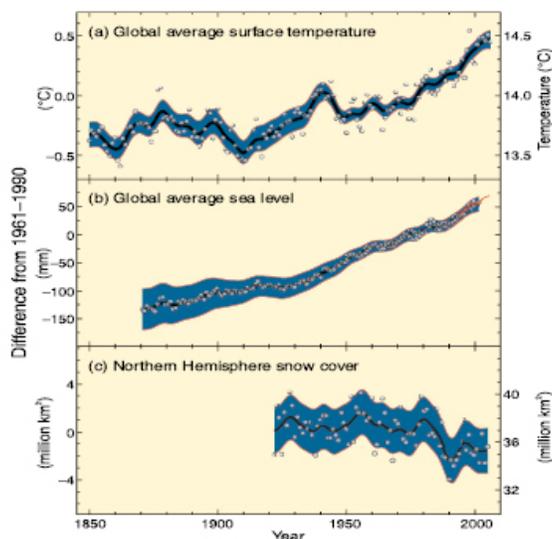


Figura 1: Cambios en temperatura, nivel del mar y suelo nevado en el hemisferio norte. Cambios observados en (a) temperatura superficial promedio en el ámbito mundial; (b) nivel promedio del mar en el ámbito mundial de los datos del mareógrafo (azul) y del satélite (rojo) y (c) suelo nevado en el hemisferio norte para marzo-abril. Todas las diferencias son relativas a los promedios correspondientes para el período 1961 a 1990. Las curvas suaves representan los valores promedios por década mientras que los círculos muestran los valores anuales. Las áreas sombreadas son los intervalos de incertidumbre calculados a partir de un análisis completo de las incertidumbres conocidas (a y b) y de las series de tiempo (c) (de IPCC 2007).

## 2.1 Pronósticos mundiales

Se ha proyectado que el calentamiento durante este siglo será considerablemente mayor que en el siglo pasado. El IPCC indica que ante la ausencia de políticas firmes para la mitigación del cambio climático y prácticas de desarrollo sostenible relacionadas es muy probable que las emisiones de gases de efecto invernadero continúen aumentando. En las próximas dos décadas, se ha pronosticado un calentamiento de aproximadamente 0.2°C por década para una serie de escenarios de emisiones. Incluso si las concentraciones de todos los gases de efecto invernadero y aerosoles se mantuvieran constantes a los niveles del año 2000, se esperaría un calentamiento adicional de aproximadamente 0.1°C por década. Después de las próximas dos décadas, los

pronósticos dependerán cada vez más de los diferentes escenarios de emisiones (IPCC 2007).

Además del calentamiento total, el informe del IPCC también formula los siguientes pronósticos:

- El calentamiento será mayor en la tierra y en latitudes nortes elevadas y menor en los océanos del sur y partes del océano Atlántico Norte, continuando con las tendencias recientes observadas;
- Las áreas de suelo nevado se contraerán, la extensión de las banquisas disminuirá y la profundidad de descongelamiento aumentará en la mayoría de las regiones de permafrost;
- Es muy probable que aumente la frecuencia del calor extremo, las olas de calor y la precipitación abundante;
- Es muy probable que aumente la intensidad de los ciclones tropicales;
- Los ciclones extratropicales se moverán hacia los polos, con cambios consiguientes en los patrones de viento, precipitación y temperatura, y;
- Es muy probable que aumente la precipitación en latitudes elevadas y disminuya en la mayoría de las regiones terrestres subtropicales, continuando con las tendencias recientes observadas.

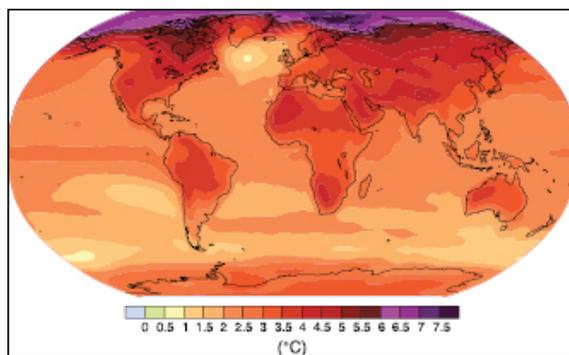


Figura 2: Patrón geográfico del calentamiento de la superficie  
Cambios en el pronóstico de la temperatura superficial para finales del siglo 21 (2090-2099). El mapa muestra el pronóstico promedio del MCGAO múltiple para el escenario SRES A1B. Las temperaturas son relativas al período 1980 a 1999 (de IPCC 2007).

## 2.2 Cambio climático en Norteamérica

Como en el resto del mundo, en Norteamérica se ha sentido el calentamiento en forma considerable durante los últimos 50 años debido a la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Sin embargo, es importante darse cuenta que el clima responde a los factores locales, regionales y mundiales. Por consiguiente, el clima nacional y regional podría variar más que el clima mundial promedio.

En Estados Unidos (EE. UU.), la temperatura promedio aumentó más del 2o F (equivalente a aproximadamente 1o C) en los últimos 50 años, y se ha pronosticado que aumentará más en el futuro (Karl et al. 2009). De manera estacional, se ha pronosticado que la mayoría de los EE. UU. experimentará calentamiento mayor en el verano que en

el invierno, mientras que Alaska experimentará mucho más calentamiento en el invierno que en el verano (Karl et al. 2009). Así mismo en Canadá, la temperatura promedio aumentó en un 1.3o C en el siglo pasado, variando en el ámbito regional, con la parte norte experimentando los aumentos más pronunciados (Gobierno de Canadá 2008). En México, la temperatura promedio anual aumentó 0.6o C durante los últimos 38 años, mientras que la tendencia en los últimos 10 años indica un calentamiento acelerado de 0.7o C (INE-SEMARNAT 2009). Se espera que la temperatura promedio anual aumente entre 2.0 y 4.0o C hasta el 2050 (INE-SEMARNAT 2006). En todos los casos, se espera que la temperatura continúe aumentando en el transcurso del próximo siglo, con aumentos generales entre aproximadamente 1.8 y 6o C, con la extensión y tasa de calentamiento determinada mediante futuras emisiones de gases de efecto invernadero (INE-SEMARNAT 2006; Gobierno de Canadá 2008; Karl et al. 2009).

Además de los aumentos de temperatura, también se han observado cambios en precipitación. En EE. UU., la precipitación aumentó un promedio de cinco por ciento en los últimos 50 años, y los pronósticos indican que las áreas del norte se convertirán en más húmedas mientras que las áreas del sur, principalmente en el oeste, se harán más secas (Karl et al. 2009). En Canadá, las áreas húmedas por lo general se están haciendo más húmedas, las áreas secas más secas, y han aumentado las probabilidades tanto de precipitación como de sequía intensas. La parte más al norte ha experimentado un 45 por ciento de aumento en precipitación desde 1948 a 2003 debido a las temperaturas más cálidas, mientras que las nevadas en general están disminuyendo, especialmente en la costa del oeste, lo cual afecta de manera negativa la disponibilidad de agua en la primavera (Gobierno de Canadá 2008). Otros efectos para Canadá incluyen la degradación del permafrost y la disminución de la superficie cubierta de hielo en el norte, y la disminución en los niveles de los lagos y ríos del sur (Gobierno de Canadá 2008). Los pronósticos de precipitación para México se ven afectados con una gran incertidumbre. Los pronósticos disponibles que se utilizaron en la cuarta comunicación nacional de México para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) indicaron que la precipitación promedio anual podría disminuir alrededor del 11 por ciento para el país en general (INE-SEMARNAT 2009). La precipitación en el invierno podría disminuir hasta un 15 por ciento en las regiones centrales de México y menos del 5 por ciento en la zona costera del Golfo de México hasta el 2080 (INE-SEMARNAT 2006). Según la misma fuente informativa, los eventos extremos tales como frentes fríos también podrían disminuir mientras que las tormentas tropicales podrían aumentar en intensidad.

Toda Norteamérica también ha experimentado los efectos del aumento de los niveles del mar. En el último siglo, los niveles mundiales del mar han aumentado en un promedio de 17 centímetros, y se ha pronosticado que continuarán aumentando, causando inundaciones y erosiones en zonas costeras (IPCC 2007).

Algunos ejemplos adicionales de los impactos regionales pronosticados para Norteamérica incluyen (IPCC 2007):

- Se ha pronosticado que el calentamiento en las montañas del oeste cause disminución de la acumulación anual de nieve, mayor inundación en el invierno y reducción de flujos de verano, agravando la competencia de los recursos acuáticos subreutilizados;

- En las primeras décadas del siglo, se ha pronosticado que el cambio moderado del clima aumentará el rendimiento total de la agricultura que se alimenta de la lluvia, entre un 5 a 20 por ciento, pero con variabilidad importante entre las regiones. Los desafíos principales se han pronosticado para los cultivos que se encuentran cerca del extremo cálido de su rango adecuado o que dependen de recursos acuáticos extremadamente explotados;
- Se espera que las ciudades que actualmente experimentan olas de calor sean desafiadas aún más por el número, la intensidad y duración elevados de las olas de calor con la posibilidad de causar efectos adversos a la salud, y;
- Las comunidades costeras y los hábitats se verán estresados cada vez más debido a la interacción de los impactos del cambio climático con el desarrollo y la contaminación.

### **3. Efectos del cambio climático en las especies invasoras**

El cambio climático y la creciente variabilidad climática han demostrado que causan un número de impactos en los sistemas naturales, afectando de manera más notable al calendario de los eventos en la primavera tales como apertura de hojas, migración de aves, oviposición, y migración de peces a los ríos, así como la provocación de cambios hacia el norte y las latitudes del rango de las especies en la tierra, y cambios en el rango y la abundancia de las especies en los océanos (EFSA 2007; IPCC 2007; Gobierno de Canadá 2008). Una revisión de la literatura científica indicó que se espera que el cambio climático altere la biodiversidad, causando cambios en la fenología (Hellman et al. 2008; Low 2008; CDB 2009), dinámica poblacional de las especies nativas, rangos geográficos, estructura y composición de las comunidades y el funcionamiento de los ecosistemas (Walther et al. 2009). Los mismos autores indican que los cambios en las condiciones climáticas ya han ocurrido en las décadas más recientes y que los fenómenos que se indican arriba ya se pueden observar. Por ejemplo, Parmesan y Yohe (2003) y Root et al. (2003) han documentado, utilizando una técnica de meta-análisis, la influencia del cambio climático en la distribución de las especies. Parmesan y Yohe (2003) estudiaron a más de 1700 especies, demostrando cambios considerables en el rango en un promedio de 6.1 kilómetros por década hacia los polos y avance promedio considerable de los eventos de la primavera de 2.3 días por década. Según Parmesan (2006) estos estudios independientes realizados alrededor del mundo proporcionan una conclusión clara y generalmente coherente: “El calentamiento mundial antropógeno del siglo veintiuno ya ha afectado a la biota de la Tierra.”

En relación con estos efectos en las especies nativas, el cambio climático podría afectar igualmente a las especies invasoras, causando su expansión en rangos nuevos y afectando el riesgo relacionado con ellas (Hellman et al. 2008; Low 2008; Walther et al. 2009; Bradley et al. 2010). Se espera que las respuestas de las especies invasoras a las modificaciones causadas por el cambio climático sean específicas a la especie y región y se compliquen más mediante sus interacciones e interdependencias (Luck et al. 2011). Por ejemplo, las temperaturas más altas podrán beneficiar a estas especies que se desarrollan en climas más cálidos e inhibir a aquellas que prefieren temperaturas más frías, resultando en la ampliación o limitación de rangos habitables según la preferencia de la especie. La mayoría de la literatura que está disponible sobre cambio climático y especies invasoras concierne a los efectos en los sistemas naturales; resulta más difícil encontrar estudios de impactos en sistemas manejados (Ziska et al. 2011). Por ejemplo,

la última evaluación nacional de los impactos del cambio climático en EE. UU. no considera a las especies invasoras en el capítulo sobre agricultura (Ziska et al. 2011).

Aunque una serie de factores podrán influir en los cambios en las invasiones biológicas (por ejemplo, aumento de la temperatura, cambio en la precipitación, aumento en el dióxido de carbono en la atmósfera, alteración en la distribución del nitrógeno y la interacción de las especies), más literatura y modelos sobre la interacción entre el cambio climático y las especies invasoras se centran en la temperatura como un factor principal (por ejemplo, Cannon 1998; Harrington et al. 2001; Bale 2002). Una de las razones de esto es que la temperatura es la variable del clima para la cual hay más confianza en los pronósticos de futuros cambios climáticos (Harrington et al. 2001; Houghton et al. 2001); otra es su capacidad para limitar la supervivencia, el crecimiento y la reproducción de plantas y muchos animales, especialmente de insectos (por ejemplo, Woodward 1987 y Charnov et al. 2003 en Walther et al. 2009). En general, se espera que los efectos directos de la temperatura sean de mayor importancia que otros factores para el proceso de invasión biológica (Kehlenbeck et al. 2007; Hellman et al. 2008; Shi et al. 2010).

Por lo general se pronostica que las especies invasoras, debido a sus características relacionadas con la capacidad invasora (a saber, la capacidad de adaptarse a cambios y alteraciones rápidos (Walther et al. 2009; Burgiel y Muir 2010)) serán capaces de responder a los cambios climáticos mejor que las especies nativas, y que el cambio climático tiene posibilidad de ocasionar un número mayor de invasiones así como el incremento de la severidad de las invasiones (Low 2008). En particular, se espera que los problemas causados por los insectos plagas empeoren con el cambio climático (Harrington et al. 2001). Según Harvell et al. (2002), se espera lo mismo de varios patógenos silvestres puesto que las temperaturas más cálidas por lo general aumentan la virulencia promoviendo el crecimiento, la reproducción y las tasas mayores de transmisión. Sin embargo, resulta difícil generalizar los pronósticos de los impactos del cambio climático en las especies invasoras puesto que existen ejemplos de especies que podrán beneficiarse del cambio climático y contra-ejemplos de aquellas que podrán verse afectadas en forma negativa. La interacción e interdependencias entre fenómenos climáticos, procesos del ecosistema y actividades de los seres humanos complican sumamente la emisión de pronósticos a largo plazo (Cannon 1998).

La mayoría de los autores pronostican una variedad de consecuencias para las especies invasoras a raíz del cambio climático. Burgiel y Muir (2010) las categorizan en impactos directos e indirectos. Luck et al. (2011) examinan la forma en que los cambios en las variables climáticas tales como temperatura, precipitación y aumento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, así como eventos extremos, tienen un impacto en las malezas, los insectos plagas, patógenos y las plantas hospedantes. Walther et al. (2009) siguen otro enfoque con el cual vinculan las consecuencias del cambio climático para las especies invasoras a las etapas secuenciales de un proceso de invasión: introducción, colonización y dispersión (estos términos equivalen a entrada, establecimiento y dispersión en la NIMF 5: Glosario de la CIPF). Otros, tales como Hellmann et al. (2008), los atribuyen a la "vía de invasión", incluyendo: transporte alterado y mecanismos de introducción y establecimiento de especies invasoras nuevas; impacto alterado de las especies invasoras existentes; distribución alterada de las especies nativas existentes; y eficacia alterada de las estrategias de control. Aunque la mayoría de estos autores se centran en

los sistemas naturales, Ziska et al. (2011) consideran los impactos en la agricultura con respecto a la seguridad alimentaria futura. Este último así como Luck et al. (2011) ven la influencia del clima severo y los patrones de precipitación, el aumento de la temperatura de la superficie y del dióxido de carbono en el establecimiento, la dominación y dispersión de los distintos patógenos, insectos y malezas invasoras.

En los siguientes apartados, las consecuencias del cambio climático identificadas con más frecuencia para las especies invasoras se presentan para las etapas secuenciales del proceso de invasión utilizando la terminología de la CIPF: entrada, establecimiento y dispersión (NIMF 5). Obsérvese que la entrada, el establecimiento y la dispersión representan una continuidad en el proceso de invasión y muchos de los factores descritos abajo podrán ser pertinentes para más de un apartado. En particular, muchos de los factores que aumentan el potencial de entrada también serán pertinentes para la dispersión de la plaga dentro de una región. También existen factores que no se pueden enlazar específicamente a ninguna de las etapas. Por ejemplo, la temperatura influye en el crecimiento y desarrollo, la supervivencia, fecundidad, el comportamiento de alimentación, el rango y la abundancia de muchas especies, en particular de insectos, que podrían afectar las tres etapas de invasión (Bale 2002; Luck et al. 2011).

### 3.1 Efectos del cambio climático en la entrada.

Los efectos del cambio climático en la capacidad de las plagas para entrar a áreas nuevas podrán incluir:

- La eliminación de limitaciones fisiológicas y la modificación de patrones de dispersión para ciertas especies (por ejemplo, las temperaturas nocturnas más cálidas podrían aumentar la actividad de vuelo de las palomillas y los áfidos, permitiendo la dispersión a mayores distancias (Walther et al. 2009; Ziska et al. 2011)).
- El aumento de la frecuencia o intensidad de eventos de clima extremos, tales como los huracanes, podrían facilitar la dispersión de organismos por aire a un rango mayor (por ejemplo, pájaros, insectos, patógenos y semillas de malezas invasoras) y corrientes de agua (por ejemplo, larvas marinas) llevándolas a distancias considerables desde su rango nativo (Richardson y Nemeth 1991; Hellman et al. 2008). Los insectos o patógenos invasores pueden llegar hasta Norteamérica a través de los huracanes en África, Suramérica y el Caribe (por ejemplo, introducción de la roya de la soya). Los vientos más fuertes relacionados con dichas tormentas también podrían ser capaces de dispersar dichas plagas hacia el interior de EE. UU., en las áreas agrícolas (Ziska et al. 2011).
- Otros eventos extremos, tales como las inundaciones, podrían hacer que las especies acuáticas que anteriormente estaban confinadas migren a áreas nuevas (Walther et al. 2009).
- El clima extremo y los patrones de circulación alterados pueden aumentar la presión de los propágulos, mejorando la capacidad de algunas especies invasoras de invadir exitosamente las regiones que anteriormente recibían pocos propágulos (Schneider et al. 2005; Hellman et al. 2008). Así mismo, el aumento de la precipitación y frecuencia de los eventos de la lluvia podrían ayudar a ciertas esporas a ser más eficaces en sus deposiciones (por ejemplo, las uredinioesporas y aecioesporas

---

<sup>6</sup> La mayoría de los autores en la literatura científica utilizan el término “introducción” para el primer paso de invasión, el cual equivale a “entrada” en el contexto de la CIPF.

germinan más fácilmente cuando se encuentran en contacto con el agua libre) (Ziska et al. 2011).

- Las sequías, en combinación con algunas plantas invasoras (por ejemplo, *Pennisetum ciliare*), podrían cambiar las características del combustible y por consiguiente, cambiar la frecuencia, intensidad y extensión espacial de los incendios, facilitando de esta forma otras invasiones (Dukes y Mooney 1999; Dukes 2011; Luck et al. 2011).
- Los niveles elevados de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) podrían afectar a las plantas hospedantes en cuanto a plagas y patógenos, causando posteriormente una variedad de impactos en las interacciones hospedante-plaga u hospedante-patógeno (Ziska et al. 2011). El cultivo del kudzu, por ejemplo, se estimula con niveles elevados de CO<sub>2</sub> en la atmósfera (Sasek y Strain 1988 en Ziska et al. 2011). Puesto que la planta puede servir como hospedante alternativo de la roya asiática de la soya, los aumentos inducidos de CO<sub>2</sub> en la copa del kudzu podrían atrapar posiblemente más esporas de la roya asiática de la soya y por consiguiente, aumentar la distribución del patógeno (véase también el estudio de caso correspondiente).

### Estudio de caso No. 1: palomilla del nopal

Larvae of *Cactoblastis cactorum*



Larvae of *Cactoblastis cactorum*  
Source: Ignacio Baez, USDA.

La palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*) brinda un ejemplo de la facilidad de movilización causada por eventos extremos del clima en México. La llegada de la palomilla del nopal se atribuye muy probablemente a vientos fuertes durante la temporada de huracanes del 2005, los cuales transportaron al insecto desde las islas hospedantes en el Caribe hacia México (Burgiel y Muir 2010; Ziska et al. 2011). La palomilla del nopal afecta seriamente a las especies de cactus del género *Opuntia* puesto que las larvas se alimentan de los cladodios jóvenes que no se han vuelto leñosos, causando daño

físico, vaciándolos y destruyéndolos (Zimmermann et al. 2004). El sustento de aproximadamente 25,000 hogares mexicanos dependen directamente del nopal, desde la venta de sus frutas u otras partes de la planta. Los ingresos provenientes de la producción alcanzaron un 3.84 por ciento del producto interno bruto agrícola de México en el 2006 (Sánchez et al. 2007). Además, presenta una amenaza seria para docenas de especies nativas de *Opuntia*, las cuales son los elementos dominantes de la mayoría de las zonas semiáridas en el altiplano de México. La palomilla del nopal se detectó en Isla Mujeres, Quintana Roo en el 2006, pero se erradicó exitosamente en el 2009 tras un esfuerzo de cooperación guiado por la Secretaría de Agricultura (SAGARPA) en colaboración con la Secretaría de Medio Ambiente (SEMARNAT) y con el apoyo internacional del USDA y el IAEA. Debido al hecho de que la palomilla está expandiendo su rango de manera dramática a lo largo de la costa sudeste y del golfo de EE. UU. (Ziska et al. 2011) ésta continúa representando una amenaza seria para México, forzando a las instituciones gubernamentales a ambos lados de la frontera a intensificar sus esfuerzos de colaboración con el fin de monitorear y controlar la dispersión en el

lado de EE. UU. destruyendo las plantas infestadas y liberando insectos estériles. Resulta difícil atribuir directamente las invasiones como éstas al cambio climático, pero un aumento en la frecuencia e intensidad de los huracanes a raíz del cambio climático tiene probabilidades de favorecer a este tipo de evento de dispersión a larga distancia.

### 3.2 Efectos del cambio climático en el establecimiento

El cambio climático puede conducir a una probabilidad mayor de establecimiento de plagas a través de varios mecanismos. Por ejemplo:

- Las especies de regiones más cálidas que les es imposible persistir en algunos sitios debido a temperaturas poco apropiadas podrían ser capaces cada vez más de sobrevivir y colonizar. Por ejemplo, las especies que actualmente están limitadas por temporadas cortas de crecimiento podrían ser capaces de establecer frutos o competir con especies residentes. En cuanto los cambios de temperatura favorezcan la extensión de las temporadas de crecimiento, esto podría alterar la dinámica de la producción de semillas en las plantas y los períodos reproductivos de las especies animales. Por ejemplo, Yamamura y Kiritani, 1998 (en Harrington et al. 2001) calcularon el posible aumento en número de generaciones para un rango de órdenes de insectos y otros invertebrados de 1 a 5 generaciones adicionales por año con un aumento en la temperatura del 2oC.
- El aumento de temperaturas podría favorecer a categorías amplias de plantas en algunos ambientes. Por ejemplo, las plantas que utilizan la fotosíntesis C4 se adaptan de mejor forma a condiciones cálidas y secas que las plantas C3; por ende, los pastos C4 podrían convertirse en invasores más agresivos en algunos ecosistemas de clima templado (Ehleringer et al. 1997; White et al. 2001; Luck et al. 2011).
- Las condiciones más cálidas son de interés particular en las regiones de clima templado debido a que diversas especies invasoras tienen límites de rango establecidos por las temperaturas extremadamente frías o el hielo. Aunque podrán haber excepciones regionales, en general, se ha pronosticado que las temperaturas estacionales aumentarán de manera desproporcionada más rápido durante el invierno (IPCC 2007). Esto podría ser un factor importante para muchas especies, incluyendo los patógenos. Por ejemplo, el aumento de la temperatura en el invierno podría disminuir la tasa de mortalidad de las poblaciones de patógenos, aumentar la carga de patógenos y por consiguiente, aumentar su rango y distribución (Ziska et al. 2011). Se ha encontrado que los inviernos no muy fríos favorecen a una variedad de patógenos tales como mildew polvoso (*Erysiphe graminis*), roya de la hoja (*Puccinia hordei*) y roya amarilla (*Puccinia striiformis*) (Luck et al. 2011).
- El cambio climático también podría provocar estrés a los ecosistemas nativos y la vegetación haciéndolos más vulnerables al establecimiento y la dispersión de especies invasoras. La sequía causa que algunas plantas hospedantes sean más susceptibles al ataque de plagas especialmente en combinación con temperaturas elevadas (Rosenzweig et al. 2001, en Luck et al. 2011). Del mismo modo, la eliminación de la vegetación existente debido a vientos fuertes o lluvias durante eventos extremos del clima podría ocasionar suelo desnudo, el cual luego resulta fácil colonizar (Walther et al. 2009).

## Estudio de Caso # 2: ácaro rojo de la palmera

La infestación del ácaro rojo de la palmera (*Raoiella indica*) en el Caribe mexicano presenta un segundo ejemplo de la movilización facilitada por eventos extremos del clima. El ácaro rojo de la palmera es una plaga principal de palmeras que producen frutas y otros ornamentales y plantas forestales incluyendo especies tales como bananos, jengibre y heliconia. Se detectó por primera vez en el 2004 en el continente Americano en la cuenca caribeña en Martinica, desde donde se dispersó rápidamente a las islas del Caribe y países vecinos.



En el 2007, se detectó en Florida en donde afectó a los cocoteros (SAGARPA-SENASICA 2010). En octubre del 2009, llegó a Isla Mujeres cerca de Cancún, Quintana Roo. Es muy probable que el ácaro se haya dispersado a México mediante una combinación de tormentas y huracanes serios así como por plantas y semillas infestadas (Welbourn 2009; Burgiel y Muir 2010). La alimentación de los ácaros, especialmente a densidades elevadas, causa

amarillamiento localizado de las hojas seguida de necrosis del tejido (Rodrigues et al. 2007; Welbourn 2009). La plaga representa un riesgo para 264,000 hectáreas de plantaciones de banano, coco, aceite de palma y dátiles en México (SAGARPA-SENASICA 2010). También representa una amenaza principal para la biodiversidad puesto que las palmeras son un componente importante de los ecosistemas tropicales. El brote está cerca de la reserva de la biosfera de Sian Kaan, con su colección de varias especies de palmeras, incluyendo las endémicas. Tal como se ilustra en este estudio de caso y el anterior, los huracanes son una vía natural para las plagas, por ende, un aumento en la frecuencia e intensidad de los huracanes a raíz del cambio climático es posible que aumente la probabilidad de introducción y dispersión de dichas plagas.

### Estudio de caso # 3: Kudzu

Kudzu (*Pueraria montana*) es un ejemplo de una planta exótica invasora que se ha pronosticado que ampliará su rango a raíz del cambio climático en Norteamérica. Kudzu es una enredadera perenne, caducifolia, semileñosa nativa del Asia de clima templado y tropical así como de partes de Oceanía. Se introdujo a diferentes regiones entre ellas Asia central, Ucrania, el Cáucaso, sur de África, Centroamérica, Suramérica, y EE. UU. (EPPO 2007; USDA-ARS 2011). Es una maleza notoria, conocida en EE. UU. como la “planta que se comió al sur” debido a su capacidad para formar tapetes espesos y en forma de cuerda sobre terrenos y árboles.



Fotos del Jardín Botánico de Missouri  
[www.mobot.org](http://www.mobot.org)

El kudzu crece mejor en áreas con inviernos no muy fríos (5-15° C), veranos cálidos (más de 25° C), y por lo menos 100 centímetros de precipitación anual (CAB International 2007). En EE. UU., las infestaciones más serias se han encontrado en el sudeste (Misisipí, Alabama y Georgia) (Britton et al. 2002). Hacia el borde de su rango, las plantas podrían no florecer y los tallos podrían morir y caer de vuelta al suelo en el invierno (Bailey y Bailey 1976). Sin embargo, un examen de su rango introducido y nativo sugiere que es resistente a la zona 5 del mapa de resistencia de plantas del USDA (USDA Plant Hardiness) el cual se extiende hacia el norte en partes del sur de Canadá (USDA 1990). Varios autores han sugerido que es probable que su rango se extienda hacia el norte bajo escenarios pronosticados de

cambio climático (por ejemplo, Dukes y Mooney 1999; Rogers y McCarty 2000; Zavaleta y Royval 2002). Además de temperaturas más cálidas, el kudzu ha demostrado que responde en forma positiva a concentraciones elevadas de CO<sub>2</sub>, otro efecto pronosticado del cambio climático (Dukes y Mooney 1999). El descubrimiento de la primera y única población silvestre conocida de kudzu en Canadá en el 2009 parece apoyar estos pronósticos. La población bien establecida se descubrió a lo largo de la costa del lago Erie tan solo al oeste de Leamington, Ontario, y parece haber estado presente por muchos años. No está claro si el kudzu se plantó en forma intencional en este sitio o si se introdujo de manera inadvertida a través de alguna otra vía, pero esta es la población más al norte que se ha registrado en Norteamérica a la fecha. Es probable que el calentamiento y las concentraciones elevadas de CO<sub>2</sub> a raíz del cambio climático aumenten el daño que ya ha causado el kudzu.

### 3.3 Efectos del cambio climático en la dispersión

El cambio climático podría afectar la capacidad de dispersión de las plagas de varias formas. Por ejemplo:

- Se ha pronosticado la dispersión acelerada de vectores, plagas y enfermedades hacia el norte para las especies de clima templado, puesto que las barreras anteriores del clima ya no son eficaces (Kehlenbeck et al. 2007; Gobierno de Canadá 2008; Walther et al. 2009; Willis et al. 2010). Lo mismo se aplica para el hemisferio sur en la dirección opuesta, lo cual quiere decir que las especies de clima templado tienen probabilidades de extender su rango a latitudes más altas. Por el contrario, las especies que se adaptan al frío podrían experimentar distribución limitada (Bale 2002; Luck et al. 2011).
- Además de la movilización latitudinal, existen cada vez más pruebas de una movilización de las especies invasoras hacia las partes altas. Muchas plantas invasoras de ecosistemas de tierras bajas en la actualidad muestran un límite de distribución a una elevación de 1000 a 1500 metros sobre el nivel del mar, lo cual probablemente esté enlazado al clima. En un clima cálido, estas especies podrían dirigirse hacia arriba y en el futuro también amenazar los ecosistemas de la montaña (Pauchard et al. 2009; Petitpierre et al. 2010).

#### Estudio de caso # 4: escarabajo de pino de montaña

El escarabajo de pino de montaña (*Dendroctonus ponderosae*) es un ejemplo de una plaga forestal nativa que ha sufrido la expansión de su rango debido al calentamiento climático, en particular, a causa de eventos de clima frío menos frecuentes y menos extremos. Nativo de los bosques del oeste de Norteamérica, el escarabajo de pino de montaña está presente desde México hasta la parte central de Columbia Británica en Canadá. Habita en una variedad de especies de pino, y mata a árboles individuales barrenándolos a través de la corteza hasta llegar al floema, en donde se alimenta y oviposita.



B.C. Ministry of  
Forests, Mines &  
Lands



Mortalidad de árboles causada por el escarabajo de pino de montaña en el Parque Nacional de Yellowstone  
John W. Schwandt, USDA Forest Service

En las primeras etapas de un brote, los escarabajos por lo general atacan a los árboles que no están saludables y que muestran daños o enfermedad. Sin embargo, en cuanto aumenta la población de escarabajos, ellos afectan a los árboles más altos y saludables. Hasta hace poco, las poblaciones de escarabajos se habían reglamentado en forma natural con la temperatura, incluyendo las olas de frío en el otoño o la primavera durante las etapas más vulnerables de desarrollo, así como

durante períodos continuos de temperaturas bajo cero durante el invierno (Régnière y Bentz 2007; Burgiel y Muir 2010). En los últimos años, los inviernos en el oeste de Canadá y EE. UU. no han sido muy fríos, contribuyendo de este modo a la explosión de la población del escarabajo y causando pérdidas considerables de pinos. En Columbia Británica, el brote del escarabajo de pino de montaña se ha visto agravado por veranos cálidos y menor precipitación en esta temporada (Burgiel y Muir 2010).

Estas condiciones, junto con los inviernos menos fríos, han permitido que el escarabajo se disperse hacia bosques más al norte, y bosques a elevaciones mayores. Esto ha dado como resultado pérdidas considerables de madera, con algunas áreas nuevas de infestación provocando una mortalidad de hasta un 95 por ciento del dosel del bosque de pino (Burgiel y Muir 2010). Otros efectos incluyen la liberación de carbono debido a la mortalidad de árboles, mayor probabilidad de incendios forestales, pérdida de hábitats para la biodiversidad local, mayor erosión del suelo y escorrentía y embanque de masa de agua (Burgiel y Muir 2010). Los expertos han atribuido este brote directamente al cambio climático, y se espera que las poblaciones de escarabajos continúen siguiendo las tendencias actuales, dispersándose hacia el norte, este y a elevaciones mayores. Esto ilustra la forma en la que el cambio climático podría provocar que las especies nativas muestren comportamientos invasores y causen daños considerables.

- Las especies que cambian su rango a hábitats recientemente adecuados con mayor rapidez que las especies nativas podrían tener una ventaja competitiva si las poblaciones nativas se convierten cada vez más en competidores menos agresivos de los recursos en un clima cambiante (Hellman et al. 2008).
- Las especies no nativas establecidas podrían convertirse en invasoras si el cambio climático aumenta su capacidad competitiva o tasa de dispersión. Es probable que se lleve a cabo una selección sólida de la tolerancia de las condiciones del ambiente local en estas poblaciones iniciales (Hellman et al. 2008).
- El aumento de las temperaturas podría afectar la capacidad de algunas especies de movilizarse y migrar debido a la interrupción de umbrales térmicos en cuanto al desarrollo y vuelo. Por ejemplo, un clima más cálido haría que se alcanzaran umbrales de vuelo más temprano para los áfidos y palomillas y resultaría en una inmigración temprana y posiblemente prolongada (Zhou et al. 1995 y Woiwod 1997 en Luck et al. 2011). Esto se podrá contrarrestar con las limitaciones para volar debido a que se alcanzan umbrales más altos con mayor frecuencia.
- Por el contrario, el aumento de temperatura también podría afectar a algunas especies de manera negativa, limitando su capacidad de establecimiento y dispersión. Por ejemplo, una bacteria vegetal, la cual necesita heridas en plantas causadas por heladas para desarrollar la infección, podría disminuir con temperaturas más cálidas. Esto ilustra una interacción entre el cambio climático, la plaga y el hospedante, lo cual agrega otro nivel de complejidad al tema. En otro ejemplo, las temperaturas más cálidas podrían afectar a las actividades que estén estrechamente sincronizadas entre las plantas hospedantes y los insectos herbívoros, disminuyendo la tasa de infestación y la dispersión del insecto (Luck et al. 2011). Aunque las poblaciones de insectos podrían responder inicialmente en forma positiva a temperaturas elevadas y acortar su tiempo de generación, las poblaciones podrían en última instancia disminuir si la planta hospedante se ve afectada en forma negativa por los aumentos de temperatura, disminuyendo su capacidad de sustentar a la

plaga.

- La combinación del aumento de temperatura y humedad es crucial en el crecimiento y la esporulación de un número de patógenos invasores (Ziska et al. 2011). La humedad también es un factor limitante para la dispersión de algunos insectos (en el caso de las hormigas rojas importadas los cambios en frecuencia y distribución de la precipitación podrían facilitar su expansión hacia el oeste). Por el contrario, las condiciones secas y las temperaturas cálidas pueden llevar a un aumento en las poblaciones de insectos vectores los cuales pueden favorecer la dispersión de virus de plantas (Luck et al. 2011).

### 3.4 Cambio climático y actividades de los humanos: efectos en la entrada, el establecimiento y la dispersión de plagas

El cambio climático también podría modificar las actividades de los humanos tales como la producción, el transporte y el turismo en formas que aumenten las oportunidades de invasiones nuevas. Por ejemplo:

- La producción agrícola y forestal dependen en gran parte del clima y constituyen un segmento amplio del comercio mundial. Es probable que los patrones de producción y comercio se vean influidos por el cambio climático en diferentes formas, incluyendo los cambios en la producción mundial de alimentos y los patrones de consumo y cambios en las rutas comerciales (Luck et al. 2011).
- Por ejemplo, las temperaturas más altas están disminuyendo el hielo en el Ártico durante el verano, abriendo rutas comerciales estacionales a través de los océanos del norte y enlazando los océanos Atlántico Norte y Pacífico Norte. Esto podría disminuir el uso del Canal de Panamá y por el contrario aumentar el tráfico de cargamentos a través de aguas canadienses (Luck et al. 2011). La apertura del Paso del Noroeste podría resultar en oportunidades nuevas de introducción de especies en ambos océanos y afectar las tasas de supervivencia de los organismos en el agua de lastre (tiempo de tránsito más corto) y en el casco del barco (Hellman et al. 2008; Pyke et al. 2008). Canadá, en particular, podría recibir especies más exóticas que antes a través de los cargueros y cruceros. La región del Ártico se verá desfavorecida por una gran variedad de especies exóticas, pero su biodiversidad baja y alta sensibilidad a cualquier tipo de alteración la convierte en ecológicamente vulnerable; el establecimiento de tan solo algunas especies podría afectar la ecología de la región (Luck et al. 2011).
- De la misma forma, la conexión de cuencas geográficamente remotas a través de infraestructuras humanas o el aumento de la irrigación de las tierras agrícolas para superar la escasez de agua a raíz del cambio climático también podrían facilitar la entrada y el rango de invasores nuevos y los que están presentes (Walther et al. 2009).
- Las temperaturas elevadas podrían aumentar las posibilidades de plantar cultivos nuevos, lo cual podría conducir a la introducción y dispersión de plagas relacionadas.
- También podrían aumentar las solicitudes para la introducción de especies de plantas ornamentales tropicales para las cuales el clima hubiera sido anteriormente muy frío (Luck et al. 2011). Por ejemplo, ya han habido solicitudes de Europa para importar semillas de ciertas especies de árboles mexicanos con el fin de experimentar si estos crecerían más al norte bajo condiciones de cambio climático.

- Las políticas de mitigación del cambio climático, centradas en la reducción de gases de efecto invernadero sin considerar los efectos secundarios en la biodiversidad, podrían fomentar la creación de industrias nuevas tales como producción de biocombustibles, que a su vez tiene efectos. Es probable que la producción de biocombustibles aumente en cuanto el clima sea más cálido, y podría resultar en la introducción de especies de cultivos nuevos a áreas nuevas, incluyendo las variedades genéticamente modificadas que tienen el potencial de escaparse e invadir (Sheppard et al. en prensa, en Luck et al. 2011). Se ha propuesto una variedad de especies invasoras como biocombustibles tales como la caña común (*Arundo donax*), el ricino (*Ricinus communis*) y miscantus (*Miscanthus sinensis*) (Burgiel y Muir 2010) y también se están realizando actividades de producción de biocombustibles utilizando jatrofa (*Jatropha curcas*) y palma de aceite (*Elaeis guineensis*), la última en México.
- Finalmente, la gente también podría cambiar su distribución para dar respuesta al cambio climático; la intrusión de agua salada, disminución del suministro de agua, degradación de tierras y el aumento del nivel del mar podrían causar la migración de la población, la cual afectará las invasiones de plagas puesto que se sabe que las especies invasoras y enfermedades viajan juntas (Low 2008). Además, los inmigrantes probablemente llevarán cultivos, animales domésticos y especies ornamentales a sus destinos nuevos, aumentando potencialmente la dispersión de especies exóticas (Burgiel y Muir 2010).

### 3.5 Efectos del cambio climático en los impactos de las plagas

Los efectos del cambio climático en la entrada, el establecimiento y la dispersión de plagas discutidos arriba también afectarán los tipos y la severidad de los impactos (o las consecuencias, de acuerdo a la terminología de la CIPF) que las plagas podrán tener en un área determinada. Dukes (2011) define el impacto de una especie invasora como el producto de las siguientes tres condiciones: 1) tamaño del rango de distribución; 2) abundancia en el rango y 3) el efecto per cápita en el proceso del ecosistema. Las directrices de la CIPF sobre el ARP consideran los impactos económicos, así como los ambientales, en términos de los efectos directos como los indirectos (NIMF 11: 2004). El cambio climático podría alterar el impacto de una especie invasora modificando cualquiera de estos componentes. Por ejemplo, en los sistemas manejados, el cambio climático podría causar cambios en los patrones de producción, permitiendo que los cultivos nuevos (y por ende, las colecciones nuevas de plagas) crezcan en áreas en donde anteriormente no hubieran sobrevivido. Los cultivos nuevos en un país determinado resultarán en plagas nuevas de interés y posiblemente impactos nuevos. El cambio climático también podría llevar a un aumento general de plagas agrícolas y pérdidas mayores de cultivos si la eficacia de las técnicas de manejo y control se ven afectadas de manera negativa. Por ejemplo, los resultados de los estudios iniciales indican una posible disminución de la eficacia química con el aumento de CO<sub>2</sub> y/o temperaturas para algunas malezas (Ziska y Goines 2006 y Archambault 2007 en Ziska et al. 2011). En los sistemas naturales, el cambio climático podría afectar las interacciones de las especies en cuanto los rangos de las especies se movilizan a diferentes ritmos o en direcciones distintas y proporcionan potencial para interacciones completamente nuevas de especies. En casos extremos, las invasiones impulsadas por el clima, podrían llevar a ecosistemas (nuevos) completamente transformados en donde las especies exóticas dominan la función o riqueza o ambas, llevando a una diversidad

reducida de las especies nativas (Hellman et al. 2008; Low 2008; Walther et al. 2009). Al igual que con los efectos del cambio climático en el comportamiento de las plagas, los efectos de los impactos de las plagas serán variados, complejos y dinámicos y también serán tanto específico a la especie como a la situación.

#### **4 Cambio mundial – la interacción de los factores de estrés del cambio mundial**

Además del cambio climático, un gran número de factores interrelacionados afectan la introducción, dispersión y los impactos de las plagas y especies invasoras. Estos incluyen los factores de estrés antropógenos tales como la mundialización del comercio, ingeniería de las vías fluviales, cambios en el uso de la tierra, intensidad de población, contaminación, destrucción y fragmentación del hábitat y sobreexplotación, todos los cuales podrán aumentar el número o los impactos de las especies invasoras (EPA 2008). En particular, se espera que el aumento continuo y rápido en el comercio de plantas y productos vegetales resulte en orígenes nuevos, vías nuevas y plagas nuevas, así como posiblemente números mayores de plagas de naciones tales como China e India las cuales tienen diversas zonas climáticas (EFSA 2007). Cuáles de estos diversos factores interconectados tienen el mayor impacto, pues variarán según el caso, y dependerá del contexto específico y de los ecosistemas en riesgo. En general, se espera que las acciones simultáneas de todas las presiones que intervienen resulten en efectos sinérgicos, es decir, en combinación, estos tendrán un efecto total mayor que la suma de sus efectos individuales (Walther et al. 2009). Sin embargo, aún no se ha desarrollado bien el entendimiento científico de la complejidad del cambio climático y otros factores del cambio mundial, las interacciones entre ellos, y los efectos específicos que ellos podrían tener en las invasiones de plagas. Para los fines del presente documento, hemos escogido centrarnos en el cambio climático en particular. Se reconoce la importancia de otros factores de cambios mundiales, pero no se discuten con mayor detalle fuera de este apartado.

#### **5. Cambio climático y análisis de riesgo de plagas**

Los aspectos básicos del análisis de riesgo son bien conocidos y tienen antecedentes extensos de práctica en otras disciplinas. Sin embargo, la aplicación sistemática de las metodologías de análisis de riesgo para la toma de decisión sanitaria y fitosanitaria surgió recientemente, principalmente a raíz del establecimiento de la OMC y del Acuerdo MSF en 1995. En cuanto entró en vigor el Acuerdo MSF, los gobiernos de repente tomaron conciencia de la necesidad de contar con la capacidad de análisis de riesgo de plagas (ARP), con el fin de justificar sus medidas fitosanitarias y también para evaluar las medidas de los países con los cuales mantienen relaciones comerciales (véase el Apéndice 1).

El análisis de riesgo de plagas es una herramienta analítica que surgió de la necesidad de contar con una metodología para caracterizar y manejar el riesgo de plagas. Un ARP evalúa la probabilidad de entrada, establecimiento y dispersión de una plaga en un área determinada, así como la magnitud de los efectos que podrá tener y la capacidad de seleccionar medidas para disminuir el riesgo a un nivel aceptable. Para que exista el riesgo, debe existir un peligro identificable, un evento negativo y por su naturaleza, algún nivel de incertidumbre relacionado con lo que se conoce acerca de la probabilidad y las consecuencias del evento negativo.

Las normas para el ARP están bien establecidas y han estado en vigor bajo la CIPF desde 1996. Los países miembros de la CIPF tienen el compromiso de utilizar el proceso de ARP para evaluar el riesgo relacionado con las posibles plagas y para justificar las medidas fitosanitarias que se apliquen contra ellas. En la actualidad, los ARP se realizan según la información relacionada con las condiciones climáticas y otras condiciones ecológicas existentes y realizan pronósticos solamente acerca de la forma en la cual la plaga podría comportarse bajo las circunstancias dadas. Sin embargo, la creciente conciencia y preocupación acerca del cambio climático en la comunidad científica han planteado interrogantes acerca de la función de los pronósticos de dichos cambios en el proceso de ARP. Aunque está claro que el cambio climático está sucediendo y tendrá un efecto en la capacidad de las plagas para entrar, establecerse y dispersarse en ambientes nuevos, hay una serie de desafíos que deben tomarse en cuenta en la formulación de pronósticos específicos acerca del cambio climático y el comportamiento de las plagas.

Por consiguiente, difieren enormemente las opiniones de la comunidad científica en cuanto a incluir o no el cambio climático en el proceso de ARP. Algunos argumentan la consideración del cambio climático en el ARP (por ejemplo, Kehlenbeck et al. 2007; Pyke et al. 2008; Ziska et al. 2011), algunos votan por un enfoque pragmático por caso (Gobierno de Canadá 2008), y otros consideran el ARP existente sólido sin tomar en cuenta el cambio climático (EFSA 2007). Un desafío fundamental es el nivel de incertidumbre inherente en los modelos climáticos y bioclimáticos, así como asuntos de escala espacial y temporal y la necesidad de que el ARP sea “apto para el fin”. Cada uno de ellos se discute abajo con mayor detalle.

### 5.1 Incertidumbre en los modelos climáticos y bioclimáticos

Los pronósticos acerca de los procesos climáticos a largo plazo y los efectos del cambio climático se basan en los modelos matemáticos. La ciencia del modelo climático ha ido mejorando a un ritmo constante en las últimas décadas, en cuanto el poder de las computadoras ha incrementado, junto con nuestro entendimiento de los procesos físicos del clima, los datos disponibles y la mejora de los algoritmos computacionales. El modelo climático ha “madurado a través de una resolución espacial más precisa, la inclusión de un número mayor de procesos físicos y la comparación a una selección de observaciones que se extienden rápidamente” (Bader et al. 2008). Los pronósticos formulados en el ámbito internacional se basan en promedios de series de modelos en vez de en modelos individuales, y estas simulaciones climáticas se ensayan exhaustivamente y se someten a exámenes intensos por cientos de científicos en varias áreas de especialidad (IPCC 2007; Bader et al. 2008). Ellos proporcionan pronósticos promedios para el cambio climático en el ámbito mundial o regional, que son lo suficientemente constantes para brindar a la comunidad científica confianza en las tendencias amplias: que el cambio climático está sucediendo, que las temperaturas están aumentando en el ámbito mundial, etc. (por ejemplo, IPCC 2007).

Sin embargo, los modelos por su naturaleza son simulaciones del mundo real, limitados por los datos disponibles y acarreado una serie de suposiciones e incertidumbres. Los científicos que trabajan con los modelos climáticos existentes reconocen un gran número de limitaciones de importancia, y de hecho, la construcción de sistemas métricos para

evaluar el rendimiento del modelo se ha convertido en una ciencia por derecho propio (Bader et al. 2008). Los modelos distintos aún brindan una amplia gama de pronósticos futuros, destacando la incertidumbre inherente en el modelado del clima en el futuro (Mearns y Nychka 2007). El análisis de riesgo de plagas también es un proceso de pronóstico que comprende una incertidumbre considerable y existe la preocupación de que el uso de los modelos de cambio climático en los ARP podrá aumentar la incertidumbre al punto de comprometer su utilidad.

Otro asunto fundamental en la discusión es la incertidumbre inherente en los modelos bioclimáticos, conocidos también como modelos de envoltura o modelos de nicho ecológico, los cuales en este momento son las herramientas principales para simular el impacto del cambio climático en las distribuciones de las especies. Los modelos bioclimáticos definen el clima y hábitat adecuados utilizando las distribuciones geográficas de las especies y por lo general se aplican a las evaluaciones de riesgo regional del impacto del cambio climático (Bradley et al. 2009).

Mientras que los defensores de los modelos bioclimáticos enfatizan que ellos son útiles para manejar series de datos complejos y proporcionan una evaluación espacialmente explícita del riesgo de invasión en el ámbito regional (por ejemplo, Peterson 2003; Jeschke y Strayer 2008; Bradley et al. 2009), los críticos expresan su preocupación de que ellos están limitados debido a que solo consideran las relaciones especie-clima y no pueden tomar en cuenta otros factores tales como la plasticidad fenotípica de la especie (por ejemplo, Jeschke y Strayer 2008 y las referencias allí), ni tampoco incluyen otras variables abióticas y bióticas (Sutherst et al. 2007). Además, su capacidad para pronosticar los efectos del cambio climático o la dispersión de invasores pocas veces se ha ensayado en forma adecuada (Jeschke y Strayer 2008). La incertidumbre sobre los pronósticos de cambios futuros, y el tipo de modelo de envoltura seleccionado influyen considerablemente en la confiabilidad del resultado de estos modelos.

Para abordar el último, con frecuencia los estudios utilizan un conjunto de modelos de clima, variables de pronóstico y pronósticos de cambio climático (Bradley et al. 2010). Esto quiere decir que los investigadores utilizan múltiples metodologías y pronósticos de cambio climático para pronosticar hábitats adecuados y luego combinan estos resultados para cuantificar el acuerdo (Araujo y New 2007; Bradley et al. 2010). Las áreas que, mediante múltiples metodologías y pronósticos de clima, se pronostican constantemente con riesgo de ser invadidas, se supone que tienen mayor riesgo que las áreas que se han pronosticado solamente mediante uno o dos modelos. Aunque es probable que los conjuntos de modelos lleven a un pronóstico más sólido de cambio de distribución que cualquier modelo individual de clima mundial, este tipo de enfoque no se ha implementado ampliamente y se considera en gran parte no ensayado y controversial.

Para ilustrarlo, el trabajo realizado por Beaumont et al. (2007) igualmente lo argumenta demostrando que los climas simulados que utilizaron el mismo modelo de clima en repetidas ocasiones eran más similares entre ellos que las comparaciones con los otros modelos. Sin embargo, cuando se pronostica en el futuro, estas simulaciones reproducidas siguen diferentes trayectorias y los valores de las variables del clima difieren considerablemente dentro de los modelos de clima y entre ellos. Sus resultados demostraron que la variabilidad del modelo interno del clima puede generar diferencias sustanciales en la medida en que se pronostique que las distribuciones futuras de

especies cambien. Estas pueden ser mayores que las diferencias que resulten de la variabilidad del modelo de clima. Los investigadores concluyeron que varios modelos de clima, cada uno aplicado varias veces, probablemente requieran la captura adecuada del rango de incertidumbre relacionado con el pronóstico de distribución de las especies en el futuro. Esto influirá ampliamente en la incertidumbre que se encuentra en el ARP si dicho modelado se utiliza para pronosticar invasiones futuras.

En general, a pesar de que el modelado resulta muy útil para manipular series de datos complejos y simular escenarios e impactos futuros de cambio climático en las especies invasoras a gran escala, los modelos deberían utilizarse con cautela en el contexto de un ARP, y las suposiciones críticas, limitaciones y el nivel de incertidumbre deberían ser transparentes. Por lo general, los modelos están limitados por datos biológicos inexactos o insuficientes. En la opinión de un grupo de científicos, los modelos “no se consideraron suficientemente confiables como una herramienta de pronóstico [en el ARP] debido a la falta de datos biológicos exactos que proporcionen los parámetros principales los cuales influyan en el resultado. Por ende, ellos podrían dar una impresión falsa de la exactitud” (EFSA 2007).

## 5.2 Modelos de cambio climático y ARP – asuntos de escala espacial

Como se indicó anteriormente, los modelos de cambio climático por lo general proporcionan pronósticos promedio en el ámbito mundial o regional, y en algunos casos la resolución espacial no podría estar suficientemente detallada para ser pertinente para el proceso de ARP (EFSA 2007). Así mismo, los críticos de los modelos bioclimáticos expresan su preocupación de que su valor para los niveles locales es cuestionable puesto que los datos que se utilizan son de resolución inferior (Hulme 2003). Los factores climáticos tales como temperatura y precipitación, así como concentración de CO<sub>2</sub>, concentración de ozono, humedad, radiación solar y otras variables ecológicas y del hábitat, podrían todos variar en el ámbito local o del microclima que es importante para la supervivencia y dispersión de plagas y especies invasoras, pero serán demasiado detallados para ser abarcados por los modelos de pronóstico de clima.

Por ejemplo, una forma de mejorar el valor informativo de los modelos e identificar las regiones que se encuentran en mayor riesgo de introducciones de especies invasoras es fusionando los pronósticos regionales del clima con las capas del sistema de información geográfica tales como corredores de transporte y puertos de entrada para determinar el potencial de lugares críticos o hábitats apropiados para una especie o período dado (Gobierno de Canadá 2008). Sin embargo, de requerirse modelos regionales, existe la interrogante de la disponibilidad de datos climáticos y la calidad que ha de resolverse puesto que los datos climáticos están disponibles con mayor facilidad en el ámbito mundial. En el caso de la aplicación de modelos climáticos mundiales, la reducción estadística se convierte en problema. El uso de modelos ecofisiológicos, por ejemplo, requiere conocimiento detallado del organismo en cuestión y por ende, se aplica más a las especies conocidas (Gobierno de Canadá 2008).

## 5.3 Modelo de cambio climático y ARP – asuntos de ámbito temporal

Al igual con la resolución espacial, los asuntos de ámbito temporal también podrían ser un problema cuando se considera el cambio climático en el proceso de ARP. Los

modelos de cambio climático por lo general se fundamentan en promedios de clima de 30 años, y se necesitan pronósticos de por lo menos 20 años para realizar comparaciones útiles (EFSA 2007; Hellman et al. 2008). Por el contrario, los ARP con frecuencia se enfocan en un marco a corto plazo, puesto que los problemas con las plagas y las especies invasoras pueden ser inmediatos y serios.

Las discusiones entre un grupo internacional de evaluadores del riesgo de plagas en el Coloquio Científico de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria del 2007 (EFSA 2007) indicó que no existe un tiempo estandarizado para la validez de un ARP, aunque la mayoría de los países los actualizan según las necesidades, en cuanto la información nueva de la plaga esté disponible. Además, se observó que las condiciones climáticas “existentes” que se utilizan en la mayoría de los ARP se fundamentan en los datos climáticos de 30 años entre 1960 a 1990, los cuales podrían ya estar obsoletos y no reflejan la situación existente (Magarey et al. 2008). En general, un cambio hacia horizontes con períodos más extensos podría ser apropiado en el proceso de ARP, y el período necesita definirse de forma explícita junto con el área del ARP (escala espacial) en el ámbito del documento.

#### 5.4 Adecuado para el fin: ARP como una herramienta de apoyo de decisiones de la CIPF

Es importante recordar que la finalidad de un ARP es ayudar a un país miembro a decidir si un organismo particular es una plaga y si se deberían aplicar medidas fitosanitarias con el fin de prevenir su entrada, establecimiento y dispersión. Aunque el proceso debería ser transparente y fundamentado en aspectos científicos sólidos, no tiene la finalidad de ser un ejercicio extenso en la investigación científica por sí mismo. Los países con frecuencia están bajo la presión de tomar un gran número de decisiones relacionadas con el comercio en un período corto de tiempo, de tal forma que no interrumpa el comercio internacional de manera injustificable. Por el contrario, el modelado climático y bioclimático resulta complejo, consume muchos recursos y tiempo y muchos evaluadores del riesgo no cuentan con el tiempo o los conocimientos para realizarlos ellos mismos. En algunos casos, la complejidad de un asunto o la severidad de las posibles consecuencias podrían hacer que valga la pena buscar colaboradores e incluir los modelos en un ARP, pero en muchos casos esto podría no ser necesario.

Por ejemplo, una alternativa sencilla a los medios bioclimáticos son los mapas de zonas de resistencia de la planta puesto que estos no requieren la aportación de los parámetros biológicos o datos de la distribución detallada los cuales, en muchos casos, no están disponibles para las especies en cuestión. Las zonas de resistencia de la planta también tienen limitaciones y son cálculos más someros que los modelos de clima complejos. Ellas se fundamentan solamente en las temperatura extrema mínima al año, mientras que en la realidad la supervivencia de la planta se ve influida por muchos factores (Magarey et al. 2008). Sin embargo, la comparación climática con las zonas de resistencia es un método rápido y fácil que proporciona un sustituto amplio para la posible distribución de la planta y no requiere una gran cantidad de tiempo o recursos.

## 6. Aspectos legales sobre la interpretación de la función del cambio climático en la elaboración del ARP

Además de los desafíos científicos que comprende la consideración del cambio climático en los ARP, también existen aspectos legales que deberían considerarse. El Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la Organización Mundial del Comercio (Acuerdo MSF OMC) reconoce que los países miembros tienen el derecho soberano de adoptar las medidas necesarias con el fin de proteger su vida vegetal y la salud (por ejemplo, nivel apropiado de protección). Así mismo los miembros deben asegurarse que estas medidas no constituyen una discriminación arbitraria o injustificable o una restricción disfrazada al comercio.

A la fecha, cinco controversias que interpretan la función del ARP para justificar las medidas sanitarias y fitosanitarias han pasado del proceso de solución de controversias de la OMC a la revisión del Órgano de Apelación. Cada una de ellas aporta a las conclusiones de los informes anteriores. En cada caso, las medidas fitosanitarias fueron desafiadas en una serie de áreas pero en última instancia se juzgó que contravenían solamente debido a la deficiencia o incapacidad del análisis de riesgo de comprobar la necesidad de las medidas en consideración, sin ser demasiado restrictivas. Las interpretaciones del Acuerdo MSF que se encontraron en este informe proporcionan alguna orientación sobre cuándo y dónde el cambio climático puede considerarse en el ARP en forma apropiada.

De los diferentes informes se deriva lo siguiente:

- Los artículos 2.2 y 5.1 del Acuerdo MSF están interrelacionados. Los países deben asegurarse que cualquier medida fitosanitaria adoptada se aplique solamente en el grado necesario para proteger la vida vegetal o la salud, y fundamentar las medidas en los principios científicos y en suficiente prueba científica. De allí que el artículo 2.2 proporcione orientación en cuanto al requisito para la elaboración de la evaluación del riesgo, es decir, para proporcionar suficientes pruebas de que se han cumplido estas obligaciones. El Artículo 5.1 estipula que las medidas deben "fundamentarse" en una evaluación del riesgo. El Órgano de Apelación, en el informe del CE - Medidas que afectan a la carne y los productos cárnicos (hormonas), interpretó el uso del término "fundamentado" para suponer una relación entre la medida y la evaluación del riesgo; una que solo podría determinarse según el caso. Esta conclusión de que debe haber un objetivo o relación racional entre una medida y la evaluación del riesgo, determinada según el caso, se hace referencia a ella y se reafirma en informes posteriores. Es esta relación la que demuestra la justificación de la medida MSF (WT/DS18/AB/R, WT/DS26/AB/R, WT/DS48/AB/R, WT/DS76/AB/R, WT/DS245/AB/R, WT/DS367/AB/R).
- Así mismo, el Artículo 2.3 se relaciona con el Artículo 5.5. En este caso, los países tras haber adoptado su nivel apropiado de protección, deben asegurarse que sus medidas no discriminan entre otros países miembros o constituyen una barrera disfrazada al comercio (Artículo 2.3). Para ese fin, el Artículo 5.5 enumera como objetivo de la evaluación del riesgo, el requisito de que la evaluación demuestre que la medida cumple con esas obligaciones.
- El Anexo A, párrafo 4 proporciona la definición de lo que constituye una evaluación del riesgo apropiada y al hacerlo, requiere una evaluación de la "probabilidad". En este mismo informe, el Órgano de Apelación determinó que la obligación de asegurar

que las medidas se fundamenten en el requisito de la prueba científica que esté disponible y que sea suficiente significa que la evaluación del riesgo debe considerar la determinación del riesgo, a saber, lo que sea “posible” o “probable”, no lo que podría ser “posible”. Y al hacerlo también comentó que “si no se puede determinar el riesgo, ¿cómo puede un miembro saber o demostrar que existe?” Por ende, la incertidumbre teórica no es el riesgo que se ha de evaluar conforme al Artículo 5.1 y no satisface la definición de "evaluación del riesgo" estipulada en el Anexo A (WT/DS18/AB/R, WT/DS26/AB/R, WT/DS48/AB/R).

- La lista de factores que han de considerarse en la evaluación del riesgo no tiene la finalidad de ser una lista cerrada (Artículo 5.2-3), simplemente necesita cumplir con los requisitos establecidos en el Artículo 2.2. Así que cuando sea apropiado, el cambio climático puede tomarse en consideración al elaborar una evaluación del riesgo pero con la salvedad de que debe tomar en cuenta la prueba científica que esté disponible, a saber, debe haber un riesgo determinado e identificado; “la incertidumbre teórica no es el tipo de riesgo el cual según el Artículo 5.1 ha de evaluarse” (WT/DS18/AB/R, WT/DS26/AB/R, WT/DS48/AB/R).
- El principio de precaución no se reconoce en el Acuerdo MSF como la base para la justificación de las medidas MSF, pero las medidas de precaución pueden adoptarse bajo ciertas circunstancias (Artículo 5 del MSF). En este caso, la información adicional necesaria para la evaluación del riesgo debe elaborarse en un período de tiempo razonable. Aunque no se define lo que se considera un período de tiempo razonable, el Órgano de Apelación encontró que esto también debe determinarse según el caso y dependiendo de las circunstancias particulares por caso, la dificultad para obtener información adicional y las características de las medidas provisionales particulares (WT/DS/AB/R). Así que cuando el principio de precaución no se incluye en el Acuerdo MSF, se aborda la necesidad, bajo algunas circunstancias, de tomar la(s) precaución(es) adicional(es), y su enfoque provisional asegura que la acción no sea arbitraria o injustificada, y por consiguiente, una barrera disfrazada al comercio (véase el Anexo A).
- La aplicación de medidas provisionales de precaución solo puede desencadenarse con la insuficiencia de pruebas científicas y no con la existencia de la incertidumbre científica (WT/DS245/AB/R).
- El requisito de que debe existir una “relación lógica” entre la medida y la evaluación del riesgo; con esta relación determinada según el caso quiere decir que una decisión de incluir el cambio climático también se tomará según el caso, y una vez más, fundamentado en la suficiencia de la prueba científica.
- Un asunto importante, pero sobresaliente es lo que constituye “suficiente” cuando se determina lo que es una prueba científica suficiente en cuanto se relaciona a la capacidad de realizar una evaluación apropiada del riesgo y/o la necesidad de adoptar medidas de precaución. El significado habitual de ‘suficiente’ es ‘de una cantidad, extensión o ámbito adecuado para cierto fin o propósito’. De esto podemos concluir que ‘suficiencia’ también es un concepto relacional. El significado del término suficiente supone que se pueda identificar una relación racional u objetiva. Sin embargo, la prueba científica pertinente se considerará “insuficiente” si la prueba científica que está disponible no permite una evaluación adecuada del riesgo (WT/DS245/AB/R).

## 7. Conclusión y recomendaciones

En general, se reconoce que el cambio climático está sucediendo, y continuará sucediendo en el futuro. Está claro que tendrá efectos considerables en los sistemas biológicos y humanos y afectará la capacidad de las plagas y las especies invasoras de dispersarse y establecerse, posiblemente resultando en un número y severidad crecientes de invasiones en el ámbito mundial.

La interacción del cambio climático con las otras presiones que supone el cambio mundial, incluyendo los patrones comerciales, aumentará la necesidad de los ARP, así como la revisión de los que ya existen, de tomar en cuenta los cambios en la distribución de la plaga y la probabilidad de la relación con las vías (EFSA 2007). Sin embargo, la decisión de considerar o no los escenarios del cambio climático o incorporar modelos complejos en un ARP dependerá de la factibilidad, si es apto para el fin y del rigor del apoyo científico relacionado. Los acuerdos internacionales (por ejemplo, CIPF; Acuerdo MSF) y el derecho jurisprudencial internacional indican que el ARP está previsto para proporcionar suficientes pruebas de que una medida seleccionada no es arbitraria, injustificada o una barrera disfrazada al comercio. Por consiguiente, los pronósticos del cambio climático dentro de un ARP deben ser lo suficientemente sólidos para cumplir con estos requisitos. Esto sugiere que la función del cambio climático en la realización del ARP necesitará considerarse según el caso.

El grupo de trabajo recomienda que la NAPPO adopte un enfoque “apto para el fin” para la inclusión de los escenarios y modelos de cambio climático en los ARP, con la decisión tomada y documentada en forma transparente según el caso. En particular:

- La decisión de incluir o no el cambio climático en un ARP debería fundamentarse en una evaluación inicial de la complejidad del asunto, la importancia del clima para el asunto fitosanitario en cuestión y si existe o no suficiente prueba científica para demostrar un enlace causal entre el cambio climático y el riesgo que se evalúa.
- En el ARP podría incluirse una declaración breve que documente esta decisión, con el fin de indicar si el cambio climático se consideró o no de forma explícita, junto con una explicación breve del porqué se hizo o no.
- La información sobre los datos del clima que se utilicen en el ARP deberían incluirse y haciendo la referencia apropiada sin importar si los escenarios de cambio climático se consideran en forma explícita. El clima se define típicamente como un promedio de datos de 30 años (de ahí la curva normal de los 30 años de clima) y la mayoría de los mapas de clima y sistemas de clasificación que se utilizan comúnmente para evaluar el posible establecimiento y la dispersión se fundamentan en promedios de 30 años. Sería útil documentar esto cuando sea posible (por ejemplo, “este mapa se desarrolló utilizando datos climáticos de 30 años desde 1960 a 1990”).
- El período para el cual el ARP se considera “vigente” podría especificarse en el documento, indicando que se requerirá una actualización después de una cantidad de tiempo especificada. En la actualidad, la mayoría de los ARP se actualizan según las necesidades cuando surja información nueva; una fecha indicada de revisión podría aumentar la transparencia y ayudar a asegurar que no se fundamenten las conclusiones del ARP una vez transcurrida la fecha esperada de validez. Un enfoque posible podría ser vincular la fecha de revisión a los datos del clima que se han utilizado (por ejemplo, las conclusiones del ARP que se fundamentan en los datos de clima desde 1970 al 2000 tendrán validez hasta el 2030, aplicando el principio de

clima de 30 años); sin embargo, las fechas de revisión pueden basarse igualmente en otros factores (por ejemplo, información nueva acerca de la biología de la plaga, cambio de prácticas de producción, etc.) Podrá ser útil considerar una lista de las condiciones bajo las cuales debería actualizarse un ARP.

## Referencias

Agrawala, S. 1998. Context and early origins of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climatic Change* 39: 605-602.

Araujo, M. B. y New, M. 2007. Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology & Evolution* 22: 42-47.

Bader, D. C., Covey, C., Gutowski, W. J., Held, I. M., Kunkel, K. E., Miller, R. L., Tokmakian, R. T. y Zhang, M. H. 2008. Climate models: An assessment of strengths and limitations. U.S. Climate Change Science Program, Synthesis and Assessment Product 3.1. U.S. Department of Energy, Washington, DC, USA.

Bailey, L. G. y Bailey, E. Z. 1976. *Hortus Third: A Concise Dictionary of Plants Cultivated in the United States and Canada*. McMillan Publishing Co., Nueva York, Nueva York.

Bale, J. 2002. Herbivory in global climate research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology* 8: 1-16.

Beaumont, L. J., Pitman, A. J., Poulsen, M. y Hughes, L. 2007. Where will species go? Incorporating new advances in climate modelling into projections of species distributions. *Global Change Biology* 13: 368–1385. doi:1310.1111/j.1365-2486.

Bradley, B. A., Blumenthal, D. M., Wilcove, D. S. y Ziska, L. H. 2009. Predicting plant invasions in an era of global change. *Trends in Ecology and Evolution* 25: 310-318.

Bradley, B. A., Wilcove, D. S. y Oppenheimer, M. 2010. Climate change increases risk of plant invasion in the Eastern United States. *Biological Invasions* 12(6): 1855-1872.

Britton, K. O., Orr, D. y Sun, J. 2002. Kudzu. En R. V. Driesche, B. Blossey, M. Hoddle, S. Lyon y R. Reardon (Eds.), *Biological control of invasive plants and weeds in the eastern United States*. USDA Forest Service - Publication FHTET - 2002-04, Morgantown, WV, EE. UU. 413 pp.

Burgiel, S. W. y Muir, A. A. 2010. Invasive species, climate change and ecosystem-based adaptation: Addressing multiple drivers of global change. *Global Invasive Species Programme (GISP)*, Washington, DC, EE. UU., and Nairobi, Kenia. 55 pp.

CAB International 2007. *Crop Protection Compendium*. CABI. [En línea] disponible en: <http://www.cabi.org/compendia/cpc/index.htm> [Cited 2011].

Cannon, R. 1998. The implications of predicted climate change for insect pests in the UK, with emphasis on non-indigenous species. *Global Change Biology* 4: 785-796.

CBD 2009. Connecting biodiversity and climate change mitigation and adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change. Technical Series No. 41. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, Montreal, QC, Canadá. 126 pp.

Dukes, J. S. 2011. Climate Change. Páginas 113-117 en D. Simberloff y M. Rejmanke (Eds.), Encyclopedia of Biological Invasions. Encyclopedias of the Natural World. No 3. University of California Press, Berkeley, CA.

Dukes, J. S. y Mooney, H. A. 1999. Does global change increase the success of biological invaders? *Tree* 14: 135-139.

EFSA 2007. Pest risk assessment. Science in support of phytosanitary decision-making in the European Community. Summary Report, EFSA Scientific Colloquium10, 06-07 December 2007. European Food Safety Authority (EFSA) Parma, Italy. 200 pp.

Ehleringer, J., Cerling, T. y Helliker, B. 1997. C4 photosynthesis, atmospheric CO<sub>2</sub> and climate. *Oecologia* 112: 285-299.

EPA 2008. Effects of climate change for aquatic invasive species and implications for management and research. United States Environmental Protection Agency (EPA), National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Washington, DC, EE. UU.

EPPO 2007. Data sheets on quarantine pests. *Pueraria lobata*. EPPO Bulletin 37: 230-235.

Gobierno de Canadá 2008. Integrating climate change into invasive species risk assessment / risk management. Workshop report. Policy Research Initiative, Ottawa, Canadá. 22 pp.

Harrington, R., Fleming, R. y Woiwod, I. 2001. Climate change impacts on insect management and conservation in temperate regions: can they be predicted? *Agricultural and Forest Entomology* 3: 233-240.

Harvell, C. D., E., M. C., Ward, J. R., Altizer, S., Dobson, A. P., Ostfeld, R. S. y Samuel, M. D. 2002. Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science* 296(5576): 2158-2162.

Hellman, J. J., Byers, J. E., Bierwagen, B. G. y Dukes, J. S. 2008. Five potential consequences of climate change for invasive species. *Conservation Biology* 22(3): 534-543.

Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguera, M., van der Linden, P. J. and Xiaosu, D. 2001. *Climate Change 2001. The Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge.

Hulme, P. E. 2003. Biological invasions: winning the science battles but losing the conservation war? *Oryx* 37(2): 178-193.

INE-SEMARNAT 2006. México. Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas ante el Cambio Climático. S y G Editores S.A. de C.V., 254 pp.

INE-SEMARNAT 2009. México. Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. S y G Editores S.A. de C.V., 274 pp.

IPCC 2007. Climate change 2007: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R. K. and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. 104 pp.

Secretaría de la CIPF 2005. Identification of Risks and Management of Invasive Alien Species using the IPPC Framework. Proceedings of the Workshop on Invasive Alien Species and the International Plant Protection Convention, Braunschweig, Alemania, 22 al 26 de septiembre del 2003. FAO, Roma, Italia.

Jeschke, J. M. y Strayer, D. L. 2008. Usefulness of bioclimatic models for studying climate change and invasive species. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134: 1–24.

Karl, T. R., Melillo, J. M. y Peterson, T. C. (Eds.) 2009. Global climate change impacts in the United States. A State of Knowledge report from the U.S. Global Change Research Program. Cambridge University Press, Washington, D.C., USA.

Kehlenbeck, H., Schrader, G. y Unger, J.-G. 2007. Climate change: More vector transmitted plant pests? Presentation at: Proceedings of Vector-Borne Diseases: Impact of Climate Change on Vectors and Rodent Reservoirs, Berlín, Alemania, 27 al 28 de septiembre del 2007, Berlín, Alemania.

Logan, J. A., Regniere, J. y Powell, J. A. 2003. Assessing the impacts of global warming on forest pest dynamics. *Frontiers in Ecology and the Environment*(1): 130-137.

Low, T. 2008. Climate change & invasive species - A review of interactions. Informe del taller de noviembre del 2006. Biological Diversity Advisory Committee, Department of Environment, Water, Heritage and the Arts, Government of Australia, Canberra, Australia. 30 pp.

Luck, J., Campbell, I., Magarey, R., Isard, S., Aurambout, J.-P. y Finlay, K. 2011. Climate change and plant biosecurity - Implications for policy. Páginas ??-?? en Springer Biosecurity Handbook. Draft Manuscript Book Chapter submitted 20 May 2011.

Magarey, R. D., Borchert, D. M. y Schlegel, J. W. 2008. Global plant hardiness zones for phytosanitary risk analysis. *Scientia Agricola* 65(Edición especial): 54-59.

Mearns, L. y Nychka, D. 2007. Uncertainty in model simulations. The Weather and Climate Impact Assessment Science Program. University Corporation for Atmospheric Research. [En línea] disponible en: [http://www.assessment.ucar.edu/uncertainty\\_models/](http://www.assessment.ucar.edu/uncertainty_models/) [Citado en 2011].

Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 37: 637–669.

Parmesan, C. y Yohe, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.

Pauchard, A., Kueffer, C., Dietz, H., Daehler, C. C., Alexander, J., Edwards, P. J., Arévalo, J. R., Cavieres, L. A., Guisan, A., Haider, S., Jakobs, G., McDougall, K., Millar, C. I., Naylor, B. J., Parks, C. G., Rew, L. J. y Seipel, T. 2009. Ain't no mountain high enough: plant invasions reaching new elevations. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7(9): 479-486.

Peterson, A. T. 2003. Predicting the geography of species' invasions via ecological niche modeling. *Quarterly Review of Biology* 78: 419–433.

Petitpierre, B. C., Kueffer, C., Seipel, T. y Guisan, A. 2010. Will the risk of plant invasions into the European Alps increase with climate change? Presentation at: Neobiota 2010 Conference - Biological Invasions in a Changing World, from Science to Management, University of Copenhagen, Dinamarca.

Pyke, C. R., Thomas, R., Porter, R. D., Hellman, J. J., Dukes, J. S., Lodge, D. M. Chavarria, G. 2008. Current practices and future opportunities for policy on climate change and invasive species. *Conservation Biology* 22(3): 585-592.

Régnière, J. y Bentz, B. 2007. Modeling cold tolerance in the mountain pine beetle, *Dendroctonus ponderosae*. *Journal of Insect Physiology* 53(6): 559-572.

Richardson, C. H. y Nemeth, D. J. 1991. Hurricane-borne African locusts (*Schistocerca gregaria*) on the Windward Islands. *GeoJournal* 23: 349–357.

Rodrigues, J. C. V., Ochoa, R. y Kane, E. 2007. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) and its damage to coconut palms in Puerto Rico and Culebra Islands. *International Journal of Acarology* 33(1): 3-5.

Rogers, C. E. y McCarty, J. P. 2000. Climate change and ecosystems of the mid-Atlantic Region. *Climate Research* 14: 235-244.

Root, T., Price, J., Hall, K., Schneider, S., Rosenzweig, C. y Pounds, J. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421: 57-60.

SAGARPA-SENASICA 2010. Tríptico de ácaro rojo de las palmas (*Raoiella indica*). Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Comité Estatal de Sanidad vegetal de Chiapas, Chiapas, México.

Sánchez, A. H., Cibrián-Tovar, J., Osorio, J. y Aldama, C. 2007. Impacto económico y social en caso de introducción y establecimiento de la palomilla del nopal, *Cactoblastis cactorum* en México. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Dirección General de Sanidad Vegetal, México, 43 pp.

Schneider, R. W., Hollier, C. A., Whitam, H. K., Palm, M. E., McKemy, J. M., Hernández, J. R., Levy, L. y DeVries-Paterson, R. 2005. First report of soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* in the continental United States. *Plant Disease* 89: 774.

Shi, J., You-Qing Luo, Y.-Q., Zhou, F. y He, P. 2010. The relationship between invasive alien species and main climatic zones. *Biodiversity and Conservation* 19: 2485–2500.

Sutherst, R. W., Maywald, G. F. y Bourne, A. S. 2007. Including species interactions in risk assessments for global change. *Global Change Biology* 13: 1843–1859.

Tanaka, H. y Larson, B. 2006. The role of the International Plant Protection Convention in the prevention and management of invasive alien species. Páginas 56-62 en F. Koike, M. N. Clout, M. Kawamichi, M. DePoorter y K. Iwatsuki (Eds.), *Assessment and Control of Biological Invasion Risks*. Shoukadoh Book Sellers, Kyoto, Japan y IUCN, Gland, Suiza.

USDA-ARS 2011. Germplasm Resources Information Network - (GRIN) [Base de datos en línea]. National Germplasm Resources Laboratory. [En línea] Disponible en: [http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/tax\\_search.pl](http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/tax_search.pl) [Citado 2011].

USDA 1990. USDA Plant Hardiness Zone Map. USDA Miscellaneous Publication No. 1475. [En línea] disponible en: <http://www.usna.usda.gov/Hardzone/ushzmap.html> [Citado 2011].

Walther, G.-R., Roques, A., Hulme, P. E., Sykes, M. T., Pyšek, P., Kühn, I., Zobel, M., Bacher, S., Botta-Dukát, Z., Bugmann, H., Czúcz, B., Dauber, J., Hickler, T., Jarošík, V., Kenis, M., Klotz, S., Minchin, D., Moora, M., Nentwig, W., Ott, J., Panov, V. E., Reineking, B., Robinet, C., Semchenko, V., Solarz, W., Thuiller, W., Vilà, M., Vohland, K. y Settele, J. 2009. Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in Ecology & Evolution* 24(12): 686-693.

Welbourn, C. 2009. Pest alert: Red palm mite *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). Florida Department of Agriculture & Consumer Services, Division of Plant Industry. [En línea] Disponible en: <http://www.freshfromflorida.com/pi/enpp/ento/r.indica.html> [Citado en 2011].

White, T., Campbell, B., Kemp, P. y Hunt, C. 2001. Impacts of extreme climatic events on competition during grassland invasions. *Global Change Biology* 7: 1-13.

Willis, C. G., Ruhfel, B. R., Primack, R. B., Miller-Rushing, A. J., Losos, J. B. y Davis, C. C. 2010. Favorable climate change response explains non-native species' success in Thoreau's woods. *PLoS ONE* 5(1): e8878.

WT/DS18/AB/R 1998. Australia - Measures Affecting Importation of Salmon. [En línea: [www.wto.org](http://www.wto.org)].

WT/DS26/AB/R, WT/DS48/AB/R 1998. EC Measures Concerning Meat and Meat Products (Hormones). [En línea: [www.wto.org](http://www.wto.org)].

WT/DS76/AB/R 1999. Japan - Measures Affecting Agricultural Products. [En línea: [www.wto.org](http://www.wto.org)].

WT/DS245/AB/R 2003. Japan - Measures Affecting the Importation of Apples. [En línea: [www.wto.org](http://www.wto.org)].

WT/DS367/AB/R 2010. Australia - Measures Affecting the Importation of Apples from New Zealand. [En línea: [www.wto.org](http://www.wto.org)].

Zavaleta, E. S. y Royval, J. L. 2002. Climate change and the susceptibility of U.S. ecosystems to biological invasions: Two cases of expected range expansion. Pages 277-342 in S. H. Schneider and T. L. Root (Eds.), *Wildlife Responses to Climate Change – North American Case Studies*. Island Press, Washington, DC, EE. UU.

Zimmermann, H., Bloem, S. and Klein, H. 2004. Biology, history, threat, surveillance and control of cactus moth, *Cactoblastis cactorum*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) e International Atomic Energy Agency (IAEA), Viena, Austria. 40 pp.

Ziska, L. H., Blumenthal, D. M., Runion, G. B., Hunt, E. R. J. y Díaz-Soltero, H. 2011. Invasive species and climate change: an agronomic perspective. *Climatic Change* 105: 13-42.

## **Anexo 1: La función de la precaución**

Existe un debate internacional sobre la función de la precaución en la reglamentación del riesgo de plagas de plantas. Se centra en un concepto conocido como el principio de precaución. Este principio sencillamente indica que el daño al medio ambiente debería evitarse con anticipación. Al igual que un enfoque fundamentado en el riesgo, enfatiza la prevención en vez de un enfoque curativo, pero va más allá de la búsqueda de la protección de los riesgos desconocidos o sospechosos. Aunque no existe una definición del principio de precaución, por lo general afirma que la falta de pruebas de riesgo o daño no quiere decir que algo no es riesgoso o posiblemente dañino, por ende, debe tenerse más precaución cuando haga falta información. En otras palabras, sostiene que el riesgo incierto requiere la prohibición de una actividad posiblemente riesgosa hasta que pueda demostrarse que la actividad no representa un riesgo (o riesgo aceptable).

Aunque se reconocen los derechos de soberanía en cuando a la determinación de lo que constituye un nivel apropiado de protección fitosanitaria (riesgo aceptable), los creadores del Acuerdo MSF buscaron un equilibrio en su requisito de que las medidas planteadas se aplicaran solamente en el grado necesario y no debe mantenerse sin suficiente prueba científica. Para tal efecto, el requisito de que las medidas se basen en la evaluación del riesgo fue con la intención de que fuera un factor compensatorio para equilibrar lo compartido, pero en ocasiones el interés competitivo de facilitar el comercio mientras se protege la vida vegetal, animal y la salud humana. La excepción, disponible en el Artículo 5.7, la cual reconoce la función de la precaución, en donde la información científica pertinente es insuficiente, es la disposición que permite que se tome tal medida con la salvedad de que se elaborará, de manera oportuna, la información necesaria para realizar una evaluación del riesgo objetiva. Así que cuando el principio de precaución no se incluye en el Acuerdo MSF, se aborda la necesidad, según algunas circunstancias, de tomar medidas de precaución adicionales y su enfoque provisional tiene la finalidad de asegurar que la acción no sea arbitraria o injustificada y por ende, una barrera disfrazada al comercio.

Una evaluación del riesgo realizada en forma apropiada no solo proporciona a los que toman las decisiones y los interesados un cálculo claro del riesgo y el potencial de causar daño, sino que también presenta una percepción de cualquier información que podría hacer falta y la importancia de dicha insuficiencia a las conclusiones que se alcancen. Utilizado de manera apropiada, la precaución es el medio para responder y abordar a la falta de suficiente prueba científica. Aún de mayor importancia, cuando se determine que es necesaria la acción de tipo fitosanitaria o cuarentenaria, se proporciona la prueba de que las medidas escogidas sean legítimas.

## **Apéndice 1: Antecedentes del tratado fitosanitario**

El Acuerdo MSF es un tratado que se ha establecido para promover el comercio internacional asegurando que las medidas sanitarias y fitosanitarias de los miembros no constituyan una barrera disfrazada al comercio, a la vez que continúan reconociendo el derecho soberano de los miembros con el fin de determinar su propio nivel de protección fitosanitaria. Aunque el Acuerdo MSF prefiere que los países miembros adopten normas internacionales, un país miembro puede decidir imponer medidas estrictas si puede demostrar que éstas son necesarias para lograr su nivel apropiado de protección. Para los asuntos fitosanitarios, el Acuerdo MSF identificó a la Secretaría de la CIPF como la parte responsable de elaborar normas internacionales para los asuntos relacionados con sanidad vegetal. Las normas que ha elaborado a la fecha incluyen las normas para la realización de análisis de riesgo de plagas.

La CIPF misma también es un tratado multilateral depositado con el Director General de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Su finalidad siempre ha sido fomentar la cooperación internacional para el control de plagas de plantas y productos vegetales y prevenir su dispersión entre países. Adoptada originalmente en 1951, se revisó en 1997 para reflejar la función de la CIPF en relación con el Acuerdo MSF y se creó su Secretaría.

Se supone que los países que se adhieren a las normas de la CIPF cumplen sus obligaciones en conformidad con el Acuerdo MSF y por ende, se consideran seguros de los desafíos de las controversias. Si un país miembro desea no fundamentar sus medidas fitosanitarias en normas internacionales pertinentes, o en casos en los cuales una norma aplicable no existe, ese país necesita verificar que las medidas impuestas sean necesarias, transparentes y fundamentadas en la ciencia mediante una evaluación apropiada para las circunstancias de los riesgos que presentan a la vida y sanidad vegetal. Dicha justificación científica es la función del ARP. El ARP es la metodología necesaria para calcular el potencial de entrada, para causar daño, determinar el nivel de protección y fortalecer las medidas necesarias.

La OMC (así como la CIPF y la NAPPO) cuentan con un sistema de solución de controversias. Los miembros han acordado que si ellos consideran que otro miembro ha adoptado una política o medida comercial que no sea válida, ellos no tomarán medidas, pero harán uso de las reglas y procedimientos de solución de controversias. El arbitraje de tales controversias ha interpretado y aclarado los requisitos del Acuerdo MSF.