



**Preselección de la capacidad invasora de las plantas para  
plantar antes de importarlas  
Documento de discusión**

**Preparado por el Panel de Especies Invasoras de la  
Organización Norteamericana de Protección a las Plantas  
(NAPPO)**

**Octubre de 2008**

## Índice

	Página
Asunto .....	3
Introducción y ámbito .....	3
Definiciones y siglas .....	3
Antecedentes.....	5
¿Qué es la preselección?.....	6
Normas regionales e internacionales existentes que son pertinentes para la preselección de la capacidad invasora de las plantas para plantar antes de importarl.....	6
Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias (NIMFs) de la CIPF.....	7
Discusión .....	8
Marco normativo actual de los países de la NAPPO para las plantas para plantar .....	8
Canadá .....	9
Estados Unidos .....	11
México .....	13
Métodos actuales de evaluación del riesgo de maleza utilizados en los países de la NAPPO.....	15
Evaluaciones exhaustivas del riesgo de malezas .....	15
Categorización.....	16
Pronóstico de la capacidad invasora de la planta .....	17
Rasgos biológicos .....	17
Sistemas de comparación climática y modelado espacial.....	19
Historia de la invasión e impactos relacionados.....	21
Herramientas de preselección.....	21
Modelo de Reichard y Hamilton (Reichard y Hamilton, 1997).....	23
Sistema australiano de evaluación del riesgo de malezas (WRA, por su sigla en inglés) (Pheloung et al., 1999) .....	24
Sistema de evaluación del riesgo de malezas de Hawai (H-WRA, por su sigla en inglés) (Daehler et al., 2004).....	27
Modelo de Caley y Kuhnert (Caley y Kuhnert, 2006) .....	29
Otros modelos .....	30
Recomendaciones para las directrices de la NAPPO .....	32
Referencias .....	33
Contribuyentes .....	38

## Asunto

La importación de plantas para plantar crea múltiples oportunidades para la introducción de nuevas especies invasoras exóticas, incluyendo las plantas invasoras. Actualmente, ni Canadá ni México ni Estados Unidos, los tres países miembros de la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO) preseleccionan sistemáticamente las especies de plantas que se importan intencionalmente para plantar basándose en si pudiesen ser malezas o invasoras. La NRMF de la NAPPO n.º 24: *Medidas integradas de manejo del riesgo de plagas para la importación de plantas para plantar hacia los países miembros de la NAPPO*<sup>1</sup> se centra en las plagas de plantas (por ejemplo, insectos, enfermedades) que puedan introducirse accidentalmente a través de las vías de las plantas para plantar, pero no aborda el riesgo que representan las plantas mismas. Por ende, existe la necesidad de contar con una norma regional que pueda guiar a los países de la NAPPO en cuanto avancen a la elaboración de directrices para la preselección de plantas para plantar antes de importarlas con el fin de disminuir el riesgo de introducción de nuevas especies de plantas invasoras exóticas.

## Introducción y ámbito

Se encomendó al Panel de Especies Invasoras (EI) de la NAPPO la elaboración de directrices para la evaluación del riesgo antes de importarlas o preseleccionar plantas nuevas para determinar su capacidad invasora, que puedan proponerse en el ámbito internacional. Las directrices no constituirán una herramienta de preselección por sí mismas ni obligarán a ningún país miembro a utilizar una metodología específica, sino que proporcionarán un marco dentro del cual cada país podrá desarrollar su propio sistema para preseleccionar las plantas en cuanto a su posible capacidad invasora.

El ámbito de las directrices, y este documento de discusión, sería la vía de las "plantas para plantar" (es decir, plantas vivas y partes de plantas viables propuestas para la importación intencional para plantar y/o propagar). El ámbito no incluye otras vías posibles de introducción de plantas invasoras, tales como la introducción no intencional de malezas como contaminantes en envíos de semillas o la importación intencional de plantas para alimento humano o animal.

## Definiciones y siglas

Las definiciones de los términos fitosanitarios y siglas utilizados en este documento se obtuvieron de: (1) la NIMF n.º 5, *Glosario de términos fitosanitarios*<sup>2</sup>, 2009., FAO, Roma, (2) *Glosario de términos fitosanitarios*, 2008. NRMF n.º 5, NAPPO, Ottawa (3) *the McGraw-Hill Dictionary of Scientific & Technical Terms, 6ª Edición* (McGraw-Hill, 2003), , (4) o tal como se indicó después de la definición. Obsérvese que la NIMF n.º 5 (2009) incluye el *Apéndice 1: Terminología del Convenio sobre la diversidad biológica en relación con el Glosario de términos fitosanitarios*. Las definiciones que figuran en este Apéndice no son definiciones de la CIPF; sino más bien son las definiciones del CDB con una explicación en el contexto de la CIPF. En tales casos, tanto la definición del CDB y la explicación de la CIPF se proporcionan abajo, tal como se indica.

ACIA	Agencia Canadiense de Inspección Alimentaria (CFIA).
análisis de riesgo de plagas	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

---

<sup>1</sup> Normas de la NAPPO, conocidas como NRMFs o Normas Regionales sobre Medidas Fitosanitarias, están disponibles en el sitio web de la NAPPO en [http://www.nappo.org/menu\\_s.shtml](http://www.nappo.org/menu_s.shtml).

<sup>2</sup> Normas de la CIPF, conocidas como NIMFs o Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias están disponibles en el sitio web de la CIPF en [https://www.ippc.int/IPP/Es/default\\_es.jsp?language=es](https://www.ippc.int/IPP/Es/default_es.jsp?language=es)

ARP	fitosanitarias que hayan de adoptarse contra él (1). Análisis de riesgo de plagas (1).
CDB	Convenio sobre la diversidad biológica (1).
certificación fitosanitaria	Uso de procedimientos fitosanitarios conducentes a la expedición de un Certificado Fitosanitario (1).
certificado fitosanitario	Certificado diseñado según los modelos de certificado de la CIPF (1).
CIPF	Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (1)
epigenéticas	Estudio de los cambios heredables en la expresión y función del gen que no se pueden explicar con los cambios en las secuencias de DNA. Los estados de la expresión del gen son estables y se transmiten mediante la división de células, los cuales pueden perpetuarse ante la ausencia de condiciones que las establezcan (Richards, 2006)
especie invasora	una especie, subespecie o taxón inferior, introducida fuera de su distribución natural en el pasado o actual; incluye cualquier parte, gametos, semillas, huevos o propágulos de dichas especies que podrían sobrevivir y subsiguientemente reproducirse. Definición explicativa en términos de la CIPF: una especie exótica es un individuo o población, en cualquier estado de vida, o una parte viable de un organismo que no es autóctono de un área y que ha sido introducido por acción humana en esa área.
evaluación del riesgo de plagas (para plagas cuarentenarias)	Evaluación de la probabilidad de introducción y dispersión de una plaga y de la magnitud de las posibles consecuencias económicas asociadas (1).
fenotipo	características visibles de un organismo, dependiente del genotipo y el medio ambiente (3).
finbos	Un bioma de la costa sur de Sudáfrica caracterizado por una riqueza diversa de especies de plantas endémicas (como de la familia del brezo, protea, composite, lirio y azucena), por un suelo que es ácido y con pocos nutrientes, y con un clima marcado con inviernos húmedos y fríos y veranos cálidos y secos; <i>también</i> : el tipo de vegetación característico de este bioma (Merriam-Webster, 2008).
estado físico	Medida de éxito reproductor para un genotipo, basándose en el número promedio de progenie superviviente de este genotipo en comparación al número promedio de otros genotipos competidores (3).
genotipo	La constitución genética de un organismo, generalmente con respecto a un gen o algunos genes pertinentes en un contexto particular (3).
inspección	Examen visual oficial de plantas, productos vegetales u otros artículos reglamentados para determinar si hay plagas y/o determinar el cumplimiento con las reglamentaciones fitosanitarias (1).
medida fitosanitaria	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).

NAPPO	Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (2).
naturalizado	de una especie, que se ha establecido en forma permanente luego de haberse introducido (3).
NIMF	Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias (1).
NRMF	Normas Regionales sobre Medidas Fitosanitarias (2).
plaga	Cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales (1).
plaga cuarentenaria	Plaga de importancia económica potencial para el área en peligro aun cuando la plaga no esté presente o, si está presente, no está extendida y se encuentra bajo control oficial (1).
plantas	Plantas vivas y partes de ellas, incluidas las semillas y el germoplasma (1).
plantas para plantar	Plantas destinadas a permanecer plantadas, a ser plantadas o replantadas (1).
plasticidad fenotípica	variedad de expresiones del genotipo en diferentes entornos (3).
proceso de preselección	Sistema de evaluación del riesgo designado para valorar el potencial invasor de una especie antes de importarla o introducirla a un ecosistema nuevo (Fraidenburg, 2002).
riesgo de plagas (para plagas cuarentenarias)	Probabilidad de introducción y dispersión de una plaga y magnitud de las posibles consecuencias económicas asociadas a ella (1).
SAGARPA	SAGARPA Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2).
USDA-APHIS --	Servicio de Inspección de Sanidad Agropecuaria del Departamento de Agricultura de EE.UU. (2)

## Antecedentes

La NAPPO reconoce que las medidas fitosanitarias tradicionales (por ejemplo, la inspección del producto final, la certificación fitosanitaria y las restricciones cuarentenarias) no siempre son suficientes para disminuir el riesgo de introducción de plagas nuevas de plantas mediante la vía de las plantas para plantar. Se elaboró una nueva norma de la NAPPO para abordar este tema en parte, la cual se aprobó en octubre de 2005. La *NRMF n.º 24 Medidas integradas de manejo del riesgo de plagas para la importación de plantas para plantar hacia los países miembros de la NAPPO, 2005*, NAPPO, Ottawa, recomienda un enfoque integrado basado en las mejores prácticas de la industria para disminuir el riesgo de introducir plagas de plantas por esta vía, sin ocasionar demasiadas interrupciones al comercio internacional.

Sin embargo, la importación de plantas para plantar también es una vía importante mediante la cual nuevas plantas exóticas invasoras se introducen. El ámbito de la nueva norma no consideraba las plantas como plagas y actualmente no se aborda el riesgo de introducir nuevas plantas exóticas invasoras a través de esta vía.

En febrero de 2006, los Paneles de Granos, Análisis de Riesgo de Plagas (ARP) y de EI de la NAPPO, se reunieron en Ottawa, Canadá, para discutir sobre varios asuntos de interés común.

Una presentación sobre la NRMF n. 24 entabló una discusión sobre la necesidad de abordar el tema de las plantas que podrían introducirse como plagas (a saber, plantas exóticas invasoras) a través de la vía de las plantas para plantar. Los paneles convinieron en que las plantas nuevas deberían preseleccionarse para detectar su potencial de convertirse en invasora antes de importarla, y que el Panel de EI en conferencia con el Panel de ARP deberían elaborar las directrices para la preselección. Estas directrices podrían utilizarse por los países para elaborar los métodos de preselección y para apoyar las decisiones de manejo del riesgo, según su potencial de ser una especie invasora.

### **¿Qué es la preselección?**

El Panel de EI discutió extensamente el significado del término “preselección”. Para algunos, la preselección es una categorización de plagas aplicada a una planta sujeto, con el fin de determinar si la planta cumple con la definición de una plaga cuarentenaria. Esta categorización de plaga puede o no llevar a un análisis de riesgo completo. Para otros, la preselección es una evaluación del riesgo conducente a una decisión acerca de si la planta debería importarse, basándose en su potencial de convertirse en una especie invasora. Para algunos otros, la preselección es una forma específica de evaluación del riesgo que consta de una serie de preguntas que se presentan en una hoja de cálculo, en la que se asignan números y la planta se acepta o rechaza según el puntaje numérico.

La mayoría de los miembros del grupo de trabajo convinieron en que la “preselección” es una forma de evaluación del riesgo y estuvieron de acuerdo con la definición del “proceso de preselección” de un taller realizado en el 2002 por el Grupo de Estudio de Especies Acuáticas Dañinas de Estados Unidos: “un sistema de evaluación del riesgo diseñado para evaluar el potencial invasor de una especie antes de importarla o introducirla a un ecosistema nuevo” (Fraidenburg, 2002).

### **Normas regionales e internacionales existentes que son pertinentes para la preselección de la capacidad invasora de las plantas para plantar antes de importarla**

El apartado siguiente resume las normas existentes de la NAPPO y la CIPF que son pertinentes para el debate y describe las posibles maneras de elaborar directrices sobre preselección.

#### **Normas Regionales de la NAPPO sobre Medidas Fitosanitarias (NRMF)**

*NRMF No. 24, Medidas integradas de manejo del riesgo de plagas para la importación de plantas para plantar hacia los países miembros de la NAPPO. 2005, NAPPO, Ottawa*

Esta norma identifica la importación de plantas vivas para plantar y/o propagar como una vía importante de introducción de nuevas plantas exóticas invasoras que constituyen plagas. Recomienda un enfoque integrado basado en las mejores prácticas de la industria para disminuir el riesgo de introducción de plagas por esta vía, sin ocasionar demasiadas perturbaciones al comercio internacional. Sin embargo, las plantas que constituyen plagas por sí mismas están excluidas del ámbito de la norma. Las directrices para preseleccionar plantas a fin de determinar si constituyen plagas se podrían elaborar como un apéndice o anexo de la NRMF n.º 24. Sin embargo, en discusiones previas el panel ha señalado que la exclusión específica de las plantas como plagas del ámbito de la NRMF n.º 24 convierte a esta norma en una plataforma poco práctica para entablar una discusión acerca de los métodos de preselección.

## **Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias (NIMFs) de la CIPF**

*NIMF n.º 2, Marco para el análisis de riesgo de plagas, 1995., FAO, Roma*

Esta norma proporciona un marco que describe el proceso de análisis de riesgo de plagas (ARP) dentro del ámbito de la CIPF. El ARP se utiliza para caracterizar el riesgo relacionado con una plaga cuarentenaria y para evaluar las opciones de manejo con el fin de disminuir el riesgo a un nivel aceptable. La NIMF n.º 2 introduce las tres etapas del ARP (inicio, evaluación del riesgo y manejo del riesgo) y luego se concentra en la etapa de inicio. También aborda los asuntos genéricos de la recopilación de información, documentación, comunicación del riesgo, incertidumbre y constancia.

La NIMF n.º 2 incluye de manera explícita en su ámbito a las plantas que constituyen plagas, al afirmar que: "Cuando organismos importados como productos básicos (por ejemplo, plantas para plantar, agentes de control biológico y otros organismos benéficos, u organismos vivos modificados se introducen y establecen deliberadamente en hábitats en áreas nuevas, puede existir el riesgo de que se difundan accidentalmente en hábitats no previstos y causen allí daños a plantas y a productos vegetales. Dichos riesgos también pueden analizarse utilizando el proceso de ARP." También se refiere con más detalle a las plantas que constituyen plagas en el apartado 1.2.1, "Plantas como plagas". La preselección de plantas para plantar antes de importarlas puede considerarse equivalente a la etapa de "evaluación del riesgo" del proceso de ARP en este contexto.

*NIMF n.º 11, Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias, incluido el análisis de riesgos ambientales y organismos vivos modificados, 2004. FAO, Roma.*

La NIMF n.º 11 proporciona orientación específica sobre el ARP aplicado a plagas cuarentenarias. Suministra detalles sobre la realización del ARP y describe el proceso que debe utilizarse para la evaluación y el manejo del riesgo. La evaluación del riesgo valora la probabilidad de que una plaga se introduzca en un área determinada y las posibles consecuencias de dicha introducción, si se produjera. El manejo del riesgo considera la disponibilidad, viabilidad y eficacia en función de los costos de las medidas fitosanitarias que podrían utilizarse para disminuir el riesgo de plagas a un nivel aceptable.

Al igual que la NIMF n.º 2, la NIMF n.º 11 aborda de manera explícita las plantas que constituyen plagas, al afirmar en el *Anexo 1: Comentarios sobre el ámbito de la CIPF con respecto a los riesgos ambientales* que: "la amplia variedad de plagas que abarca la CIPF va más allá de las plagas que afectan directamente a las plantas cultivadas. La definición de plagas de plantas de la CIPF incluye las malezas y otras especies que tienen efectos indirectos en las plantas, y la Convención abarca la protección de la flora silvestre". Este anexo también afirma que los riesgos ambientales y los riesgos que amenazan a la biodiversidad deberían analizarse mediante el ARP. Otros anexos de la NIMF n.º 11 incluyen el *Anexo 2: Comentarios sobre el ámbito de la CIPF con respecto al análisis de riesgo de plagas para los organismos vivos modificados* y el *Anexo 3: Determinación del potencial de un organismo vivo modificado para convertirse en plaga*. La orientación adicional sobre el caso específico de evaluación del riesgo antes de la importación o la preselección de plantas importadas intencionalmente podría constituir posiblemente la base de otro anexo.

## Discusión

Un examen de las normas regionales e internacionales existentes sugiere que las directrices nuevas para la preselección de plantas para plantar como plagas antes de la importación pueden colocarse en forma más apropiada como anexo adicional de la NIMF n.º 11. El proceso para determinar si una especie de planta importada tiene posibilidad de convertirse en invasora (o en una “plaga”) en un área determinada (el área de ARP) es análogo a la etapa de "evaluación del riesgo" del proceso de ARP que se describe en las NIMFs n.º 2 y n.º 11, y una norma completamente nueva contendría una cantidad considerable de duplicación. De hecho, la CIPF ya ha empezado a abordar las plantas para plantar como plagas dentro del texto de las NIMFs n.º 2 y n.º 11, indicando en forma explícita que el proceso de ARP puede aplicarse en esas circunstancias.

Cabe observar que en el ámbito de la CIPF también continúan las discusiones sobre el suministro de orientación adicional para la preselección de plantas para plantar como plagas. Se ha formulado una propuesta dentro del marco de la CIPF con la *Especificación n.º 44, Análisis de riesgo de plagas para plantas de constituyen plagas cuarentenarias*<sup>3</sup>, la cual fue aprobada por Comité de Normas de la CIPF en mayo de 2007. Se propuso que se formara un grupo de trabajo con cinco a ocho expertos en sanidad vegetal y/o plantas que constituyen plagas (plantas exóticas invasoras) para que elabore una norma que "proporcione orientación a las ONPFs sobre la forma de determinar si una planta prevista para ser desplazada hacia un área en donde aún no está presente constituye una plaga, sobre si debe reglamentarse como plaga cuarentenaria, y sobre cómo aplicar otros pasos del proceso de ARP, de ser necesario". La norma sólo abordará las plantas previstas para la importación intencional y no las especies invasoras introducidas de forma no intencional con otros productos. Aunque esto suena bastante pertinente para el trabajo realizado por el Panel de EI de la NAPPO, aún no se ha formado el grupo de trabajo de la CIPF y es probable que el proceso para hacerlo tome varios años. Sin embargo, cabe mencionar que la Especificación n.º 44 estipula que la norma se elaborará como “un nuevo anexo y, de ser apropiado, como un nuevo suplemento de la NIMF n.º 11”.

En el ámbito regional, no existen normas norteamericanas (NAPPO) sobre ARP. La norma utilizada por los países de Norteamérica son las establecidas en el ámbito internacional (NIMFs n.º 2 y la n.º 11). Por ende, el Panel de EI de la NAPPO propone que las directrices para preseleccionar las plantas para plantar como plagas se elaboren como una NRMF de la NAPPO que pueda servir de base para la elaboración de un anexo de la NIMF n.º 11.

## Marco normativo actual de los países de la NAPPO para las plantas para plantar

La Organización Mundial del Comercio ha designado a la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) como la autoridad internacional en materia de establecimiento de normas fitosanitarias bajo la cual deberían regirse los marcos normativos de los países signatarios. Se han desarrollado medidas fitosanitarias para combatir la introducción y dispersión de plagas en cada país. La autoridad normativa de cada país para importar plantas se basa en leyes y reglamentos nacionales.

Las propuestas se encuentran en las diversas etapas de elaboración dentro de los países miembros de la NAPPO con el fin de implementar las medidas para preseleccionar las especies de plantas nuevas que se proponen para la importación y luego plantarse y/o propagarse. La siguiente sección esboza el marco normativo actual (y en algunos casos propuesto) para las plantas para plantar en Canadá, Estados Unidos y México.

---

<sup>3</sup> Las especificaciones de la CIPF se encuentran disponibles en el sitio web de la CIPF en la siguiente dirección: <https://www.ippc.int/IPP/En/default.jsp>.



## Canadá

Los requisitos de importación para las plantas (o productos vegetales) propuestos para la importación a Canadá se han enfocado tradicionalmente en su potencial de ser una vía para la entrada de plagas de plantas. Se han elaborado los requisitos, basándose en el análisis de riesgo de plagas, con el fin de evitar la introducción no intencional de plagas de plantas tales como insectos, ácaros o patógenos, mientras que se permite la introducción intencional de las plantas deseadas. Este modelo se ha adaptado recientemente para abordar el potencial del riesgo de plaga presentado por las plantas mismas. Las evaluaciones del riesgo de plagas en las plantas con el fin de determinar su potencial de convertirse en plagas puede iniciarse por una serie de razones, incluyendo una solicitud para importar y cultivar una especie nueva de planta que anteriormente se había desconocido, o que no estaba ampliamente presente en Canadá; un hallazgo nuevo de una planta conocida como invasora en otro lugar y que no se había conocido anteriormente en Canadá; o información nueva sobre los impactos crecientes de una planta invasora que se ha introducido recientemente a Canadá o cuya importancia ha aumentado en otro lugar y puede esperarse que esté presente en un futuro en Canadá. Sin embargo, la mayoría de las plantas actualmente se les permite la entrada sin haberseles realizado un análisis completo para detectar su potencial de convertirse en plaga, según la tradición anterior de elaboración de política la cual se centra en las plagas de las plantas.

Para esas especies que se han determinado que presentan una preocupación potencial, se realiza la evaluación del riesgo de maleza a la especie de planta de interés siguiendo las normas de la CIPF correspondientes para el análisis de riesgo de plagas (PRA). Este proceso evalúa el potencial de la especie de planta que se introducirá y establecerá en Canadá, el alcance de su posible establecimiento y la magnitud y naturaleza de los impactos potenciales de su presencia. La parte del manejo del riesgo de la plaga del ARP determina si el riesgo evaluado es o no aceptable y si no lo es, las medidas de mitigación que pueden ser apropiadas. La consulta con expertos en varios campos, incluyendo aquellos en el gobierno, la academia e industria así como el público en general constituyen una parte integral del proceso de ARP. Al final de las consultas, el ARP (incluyendo los documentos de la evaluación del riesgo y manejo del riesgo) proporcionan la base con las cuales se toman las decisiones en cuanto a la política.

### *Autoridad normativa federal*

La Agencia Canadiense de Inspección Alimentaria (ACIA) es la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria y es la que administra 14 leyes y sus reglamentos relacionados. La ACIA puede reglamentar las plantas para plantar según la Ley y los reglamentos de protección a las plantas, la Ley y los reglamentos de semillas, y la Ley y los reglamentos de alimentos para el ganado<sup>4</sup>. También se ha determinado que se aplica a los asuntos relacionados con las plantas invasoras exóticas, la legislación federal adicional administrada por el Ministerio de Medio Ambiente de Canadá, tal como se detalla abajo.

En Canadá, la *Ley de protección a las plantas* proporciona autoridad para evitar la importación, exportación y dispersión de plagas de plantas dañinas o posiblemente dañinas (incluidas las plantas para plantar que constituyen plagas). Una planta también puede enumerarse como maleza nociva en la *Orden de semillas de malezas del Reglamento de semillas*, administrada también por la ACIA en la cual se prohíbe la presencia de esas malezas en productos de semillas importados y comercializados en el ámbito nacional. Todas las semillas importadas están sujetas a una evaluación de conformidad para la importación. El apartado V del *Reglamento de semillas* reglamenta la liberación intencional de semillas al medio ambiente. Excepto por algunos casos, se requiere la

---

<sup>4</sup> Las leyes y reglamentos canadienses se encuentran disponibles en el sitio web del Ministerio de Justicia de Canadá en la siguiente dirección <http://laws.justice.gc.ca/en/>.

notificación y evaluación del posible impacto al medio ambiente y el riesgo a éste, antes de que una persona pueda realizar ya sea la liberación confinada o no confinada de semillas incluyendo las plantas con rasgos nuevos (PNT, por su sigla en inglés). La ACIA revisa las solicitudes de permisos para importar PNTs conforme a la *Ley de protección a las plantas*.

#### *Ministerio de Medio Ambiente de Canadá*

El Ministerio del Medio Ambiente de Canadá administra la *Ley canadiense para la protección del medio ambiente* (CEPA, por su sigla en inglés) y el *Reglamento para la notificación de sustancias nuevas* (organismos), (NSNR(O), por su sigla en inglés). El reglamento de la CEPA tiene como finalidad asegurar que los organismos nuevos que no están reglamentados conforme a otras leyes establecidas se evalúen para detectar posibles efectos dañinos. El NSNR(O) reglamenta las sustancias nuevas, incluyendo cualquier planta nueva antes de introducirla a Canadá. El NSNR (Anexo XIX) también evalúa la capacidad invasora de las especies nuevas destinadas para la importación a Canadá.

El Ministerio del Medio Ambiente de Canadá también tiene la responsabilidad de implementar la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, por su sigla en inglés). La importación y exportación de algunas especies de plantas también debe cumplir con los reglamentos de la CITES. La convención reglamenta el comercio y la movilización internacional de animales y especies de plantas que están amenazadas o pueden verse amenazadas debido a la explotación comercial excesiva.

El Servicio Canadiense de la Fauna (CWS, por su sigla en inglés) del Ministerio del Medio Ambiente de Canadá administra la *Ley para la protección de especies animales y plantas silvestres y la reglamentación de su comercio internacional e interprovincial* (WAPPRIITA, por su sigla en inglés), la cual es el instrumento normativo para la implementación de la CITES en Canadá. La ACIA asiste al CWS en el trámite de la documentación para las plantas propagadas en forma artificial que ya están controladas por la *Ley de protección a las plantas*.

#### *Importación de plantas para plantar*

La ACIA cuenta con una serie de directivas de políticas que reglamentan la importación de plantas para plantar hacia Canadá. Se reglamenta la importación de plantas con raíces y sin ellas y otras partes propagativas (por ejemplo, esquejes, material vegetal para injerto, tallos especializados y estructuras de raíces) incluido el material de cultivo de tejido destinado para plantarse proveniente de todos los orígenes. Además, las plantas de todos los orígenes excepto Estados Unidos continental también requieren un permiso de importación. Sin embargo, cabe enfatizar que los reglamentos más actualizados abordan el riesgo de plagas que pueden estar relacionadas con un producto, en vez del riesgo que presenta el producto (especie de planta) mismo.

La directiva D-02-02 de la ACIA titulada *Requisitos fitosanitarios en relación con la importación de plantas con o sin raíces, partes de plantas y plantas in vitro para plantar*,<sup>5</sup> contiene los requisitos generales de importación para las plantas para plantar y sus partes, que provengan de todos los países con el fin de evitar la entrada y dispersión de plagas cuarentenarias hacia Canadá. La finalidad de esta directiva es proporcionar un panorama general de los requisitos principales de protección a las plantas que los importadores canadienses y exportadores extranjeros deben cumplir antes de importar material vegetal a Canadá. Se requiere que los envíos de plantas estén libres de plagas reglamentadas y también pueden estar sujetos a los requisitos adicionales dependiendo de su país de origen y sus especies. Por ejemplo, se prohíbe la entrada a Canadá de todos los envíos de plantas con suelo y sustancias afines, ya sea en relación con las plantas o

---

<sup>5</sup> Las directivas de la ACIA están disponibles en el sitio web de la ACIA en la siguiente dirección <http://www.inspection.gc.ca/>.

solos, que provengan de todos los países excepto de las áreas no reglamentadas de Estados Unidos continental.

Se prohíbe la importación de plantas con raíces y suelo o sustancia relacionada con el suelo, provenientes de lugares fuera de EE.UU. continental. Se requiere un permiso de importación y un certificado fitosanitario para la importación de plantas con raíces, sin suelo (sin raíces) o con raíces en medio de crecimiento, provenientes de lugares fuera de EE.UU. continental cuando se cultivan en instalaciones aprobadas según el Programa canadiense de medios de crecimiento (CGMP, por su sigla en inglés). Los envíos de plantas sin raíces o plantas con raíces en suelo o materia relacionada proveniente de EE.UU. continental no requieren un permiso de importación (salvo si se indica lo contrario), sin embargo, requieren un certificado fitosanitario con las declaraciones adicionales apropiadas.

## **Estados Unidos**

Estados Unidos reglamenta las plantas para plantar en virtud de la autoridad de la *Ley de protección a las plantas*, la *Ley federal de semillas* y los reglamentos bajo estas leyes<sup>6</sup>. De conformidad con la *Ley de protección a las plantas*, el Secretario de Agricultura tiene la autoridad para tomar tales acciones, de ser necesarias, para evitar la introducción y dispersión de plagas de plantas y malezas nocivas dentro de Estados Unidos. El Secretario ha delegado esta responsabilidad al Subdirector del Servicio de Inspección de Sanidad Agropecuaria (APHIS, por su sigla en inglés), que es la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria para Estados Unidos.

El reglamento en el Capítulo 7 del Código de Reglamentos Federales (CRF, por su sigla en inglés), apartado 319 (notificaciones extranjeras de cuarentena) prohíbe o restringe la importación de algunas plantas y productos vegetales hacia Estados Unidos para evitar la introducción de plagas de plantas que aún no están establecidas en ese país o plagas de plantas que están establecidas y bajo control oficial en Estados Unidos. Los reglamentos del "Inciso -- Material propagativo de vivero, plantas, raíces, bulbos, semillas y otros productos vegetales," 7CFR 319.37, restringen, entre otras cosas, la importación de plantas vivas, partes de plantas, semillas y esquejes de plantas para plantar o propagación. El reglamento en el CRF, título 7, apartado 360, titulado "Reglamentos para malezas nocivas," contiene restricciones sobre la movilización de malezas nocivas o productos vegetales, listados en ese apartado, hacia Estados Unidos o a través de éste así como la movilización interestatal; la importación de algunas plantas está sujeta tanto a los reglamentos del material propagativo para viveros como el de malezas nocivas.

Las plantas previstas para plantarse actualmente no requieren una preselección antes de importarse para detectar su capacidad invasora. No se requiere una solicitud formal de importación, salvo para las plantas que actualmente están prohibidas o las plantas establecidas en un medio de crecimiento. Se permite la importación de la mayoría de las plantas para plantar si van acompañadas de un permiso general de importación y un certificado fitosanitario del país exportador y después de realizarse la inspección en una estación federal de inspección de plantas del puerto de entrada.

Actualmente, según los reglamentos del material propagativo de viveros y malezas nocivas, se prohíbe o restringe la entrada de plantas para plantar solo después de haberse realizado un análisis de riesgo de plagas para determinar las fuentes del riesgo de plaga y luego de haberse completado las medidas de mitigación apropiadas y posterior notificación y comentario de la normalización. Se han prohibido más de 100 taxones de plantas hospedantes provenientes de ubicaciones geográficas específicas, basándose en la relación con la plaga; se han reglamentado

---

<sup>6</sup> Los reglamentos de Estados Unidos están disponibles en forma electrónica en el sitio web del Código de Reglamentos Federales en la siguiente dirección <http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&tpl=%2Findex.tpl>.

94 taxones como malezas nocivas federales. El APHIS modifica las listas mediante la normalización con el fin de establecer o mitigar las restricciones según la experiencia, un análisis de riesgo de plaga u otro tipo de información que indique un cambio en el estatus de las amenazas de plagas.

En Estados Unidos la *Ley de protección a las plantas* autoriza al APHIS, en caso de emergencia, a realizar acciones administrativas para prohibir o restringir la entrada o movilización interestatal subsiguiente de un taxón de plantas para plantar, si presentan un peligro inmediato de introducción o dispersión de una plaga de planta o maleza nociva para Estados Unidos. En tales situaciones de emergencia, el proceso de normalización puede completarse después de haberse impuesto la prohibición o restricción.

El reglamento de malezas nocivas está separado del reglamento de material propagativo de viveros y contiene restricciones sobre la movilización de malezas nocivas que figuran en ese apartado hacia Estados Unidos, a través de éste, así como la movilización interestatal. Para agregar una planta a la lista de malezas nocivas o para eliminarla de dicha lista, el APHIS realiza un análisis de riesgo de plaga exhaustivo. Dicho análisis incluye el potencial de dispersión y los impactos de la planta al medio ambiente, que de hecho, evalúa el potencial de la planta de convertirse en especie invasora. (La Orden Ejecutiva define el término *especie invasora* como una especie que es: (1) no nativa (o exótica) para el ecosistema en consideración y (2) cuya introducción causa o tiene posibilidad de causar daño económico o ambiental o daño a la salud humana.) Si el análisis de riesgo de plagas indica que la planta en consideración presenta un riesgo alto de plaga, el APHIS emprende la normalización para agregarla a la lista de malezas nocivas.

#### *Revisión del marco normativo estadounidense para las plantas para plantar*

El APHIS ahora está realizando una revisión y modernización exhaustiva del reglamento sobre material propagativo de viveros. Una de las primeras iniciativas normativas es establecer una categoría nueva de artículos reglamentados, plantas para plantar, cuya importación no está autorizada en espera de un análisis de riesgo de plagas (NAPPRA). Con el fin de determinar si se agrega un taxón de plantas para plantar a esta categoría, el APHIS revisaría la información científica que esté disponible y aplicaría un proceso de preselección sencillo, el cual consiste en determinar el nombre aceptado de la especie, su distribución y prueba del daño que cause. Si la información científica indica que el taxón de plantas para plantar es una plaga cuarentenaria potencial, entonces el APHIS publicaría una nota de intención para agregar el taxón a la categoría NAPPRA que se propone.

Para excluir una planta de la categoría nueva, el APHIS realizaría un análisis de riesgo de plagas a solicitud de la organización de protección fitosanitaria del país exportador. Los resultados del análisis de riesgo de plagas determinarían si el taxón figuraría en la lista como maleza nociva federal o excluirse de la categoría propuesta y se permitiría su importación sujeta a los requisitos generales. Se necesitará un proceso de ARP que incluya una forma de preselección de la capacidad invasora con el fin de evaluar el taxón NAPPRA en forma oportuna. Además se necesitará para la meta a largo plazo que es la revisión del reglamento del material propagativo de vivero, de tal forma que eventualmente todas las importaciones sin precedentes estén sujetas a un análisis de riesgo agilizado que incluya una herramienta de preselección de la capacidad invasora.

Para apoyar la revisión de la cuarentena del material propagativo de viveros, el Centro para la Ciencia y Tecnología de Sanidad Vegetal (CPHST, por su sigla en inglés) del APHIS, USDA está actualmente revisando las directrices del USDA para la evaluación del riesgo de malezas, además están realizando estudios experimentales de los rasgos de las plantas relacionados con la capacidad invasora. En Raleigh, Carolina del Norte, el CPHST está revisando las directrices de la evaluación del riesgo de malezas (WRA) para que incluya los resultados del trabajo reciente sobre

los estudios de preselección de plantas invasoras. Una de las metas de la revisión es agilizar el proceso de evaluación del riesgo incluyendo diferentes niveles de análisis que se utilizarían según la necesidad y el nivel de incertidumbre. La capacidad de pronóstico de los nuevos sistemas de WRA se evaluarán realizándole pruebas a una serie de especies invasoras y no invasoras conocidas en Estados Unidos.

En Fort Collins, Colorado, los científicos del CPHST están elaborando modelos de pronóstico que utilizan datos experimentales sobre crecimiento, rendimiento, epigenética y de plasticidad fenotípica. Los resultados de este estudio identificarán los rasgos que pueden incluirse en un sistema de evaluación del riesgo tal como se describe arriba, pero también elaborará metodologías experimentales para evaluar las plantas que requieren un análisis más detallado, más allá del que se realiza en un WRA basado en revisiones que se encuentran en la literatura (para obtener información adicional, véanse los apéndices).

## **México**

### *Marco normativo fitosanitario*

México reglamenta la importación de material propagativo en virtud de la autoridad de la *Ley federal de sanidad vegetal*. De acuerdo a esta ley, su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal por conducto de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). A su vez la SAGARPA ha designado al Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), como órgano administrativo desconcentrado de esta Secretaría cuya competencia es, entre otras, reglamentar y vigilar que los vegetales, sus productos o subproductos que se importan, movilizan o exportan del territorio nacional, no pongan en riesgo el bienestar general, justificando con ello que la federación faculte al personal oficial para ejercer actos de autoridad.

En este sentido, el SENASICA ha delegado las atribuciones en materia de sanidad vegetal a la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV). Esta Dirección General es la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria, facultada para establecer los reglamentos fitosanitarios para prevenir la introducción, el establecimiento y la dispersión de plagas de los vegetales, sus productos o subproductos que representen un riesgo fitosanitario.

Los requisitos fitosanitarios para la importación de material vegetal propagativo, incluidas las semillas con propósitos de uso agrícola, están basados en la realización de un análisis de riesgo de plagas, considerando las plagas cuarentenarias asociadas a la vía de importación, presentes en el país de origen y en el de procedencia, en caso de reexportaciones, lo anterior, con base en lo establecido por la NOM-006-FITO-1995: *Requisitos mínimos que deberán cumplir los vegetales, sus productos y subproductos que se pretendan importar cuando éstos no estén establecidos en una norma oficial específica*.

Este esquema permite evaluar el riesgo que representan las plagas cuarentenarias asociadas a un producto en el origen especificado, sin embargo, a través de esta evaluación actualmente no se identifica el riesgo potencial de que la especie vegetal que se va a importar represente una plaga cuarentenaria o especie invasora.

En la Norma Oficial Mexicana, NOM – FITO – 07 – 1995, *Requisitos fitosanitarios y especificaciones para la importación de material vegetal propagativo*, se establecen los requisitos fitosanitarios para la importación de material vegetal propagativo (excepto semilla botánica y especies forestales), a fin de prevenir la introducción, el establecimiento y la dispersión de plagas exóticas o de importancia cuarentenaria al territorio nacional, toda vez que se ha realizado el análisis de riesgo de plagas. Quedan sujetos a las disposiciones de esta norma el material

propagativo como: los árboles, arbustos, plántulas, bulbos, cormos, raíces, rizomas, tallos, tubérculos, esquejes, estacas o varetas, sarmientos, yemas, plantas para injertar, injertos, acodos, cultivo *in vitro* y demás material vegetativo empleado para la propagación; así como sus embalajes o empaques. Todos los materiales propagativos importados están sujetos a una evaluación de conformidad en el punto de ingreso a nuestro país.

Cuando existe el interés de importar material vegetal propagativo de un determinado producto y éste no se encuentre dentro de la citada norma, el interesado puede solicitar los requisitos fitosanitarios a la DGSV, y en base al artículo 24 de la *Ley federal de sanidad vegetal*, si esta dependencia cuenta con requisitos fitosanitarios para la importación del producto requerido, emitirá al interesado una hoja de requisito fitosanitario (trámite SENASICA-02-22), en la cual se encuentran establecidas las medidas fitosanitarias aplicables para su importación. En la página web del SENASICA se cuenta con un “Sistema de consulta de requisitos fitosanitarios en línea”, donde se pueden consultar los requisitos fitosanitarios establecidos por la Secretaría para la importación de vegetales, sus productos y subproductos.

Con la finalidad de prevenir la introducción y el eventual establecimiento y la dispersión de especies de malezas de importancia cuarentenaria, se cuenta con la Norma Oficial Mexicana NOM-043-FITO-1999, *Especificaciones para prevenir la introducción de malezas cuarentenarias a México*, en el caso de la importación de material propagativo, se requiere que vengan libres de las especies que se indican en esta reglamentación.

#### *Marco normativo ambiental*

La aplicación de la LGEEPA corresponde al Ejecutivo Federal por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

En el ámbito de especies silvestres que se importen con la intención de aprovechamiento (para UMAS por ejemplo) la LGEEPA (art 82, 85, 86 y 87) , que es el instrumento que regula la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, contempla el establecimiento de medidas para la reglamentación o restricción en forma total o parcial a la importación de especímenes de flora y su circulación o tránsito por el territorio nacional procedentes del extranjero, la preservación y el aprovechamiento para actividades económicas y la reproducción controlada de las mismas para evitar su dispersión al medio. Esta ley aplica a la posesión, administración, preservación, repoblación, propagación, importación, exportación y el desarrollo de la flora silvestre y su material genético, sin perjuicio de lo establecido en otros ordenamientos jurídicos. Además establece la responsabilidad de la SEMARNAT en solicitar y emitir opiniones técnicas referentes a estudios de impacto ambiental ante la introducción de una nueva especie, para asegurar que esta no afecte poblaciones, ecosistemas o especies nativas. Por su parte la LGVS, que establece las competencias de los diferentes gobiernos en el ámbito de la conservación y el aprovechamiento sostenible de la vida silvestre y su hábitat, hace responsable en su Art 9° XIII a la SEMARNAT del otorgamiento, suspensión y revocación de autorizaciones y demás actos administrativos vinculados a la conservación, traslado, importación, exportación y tránsito por el territorio nacional de la vida silvestre, así como la importación de ejemplares, partes y derivados de especies silvestres de conformidad con lo establecido en el reglamento.

#### *Marco normativo forestal*

La aplicación de la Ley general de desarrollo forestal sostenible corresponde al Ejecutivo Federal por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Para especies forestales existe la *Ley general de desarrollo forestal sustentable*, cuya función es reglamentar y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, así como distribuir las competencias que en materia forestal correspondan a la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios. En base a esta ley es atribución de la Federación el expedir los certificados y demás documentación fitosanitaria para la importación de materias primas y productos forestales, vigilar que las actividades de la industria forestal sean congruentes con la ley, expedir las NOM que establezcan las especies de vegetación forestal exótica que pongan en riesgo la biodiversidad y cuidar los impactos ambientales adversos.

### **Métodos actuales de evaluación del riesgo de maleza utilizados en los países de la NAPPO**

Este apartado del documento de discusión resume los métodos y las limitaciones existentes de la evaluación del riesgo de maleza en Norteamérica.

### **Evaluaciones exhaustivas del riesgo de malezas**

El USDA-APHIS y la ACIA utilizan métodos cualitativos similares para evaluar la probabilidad y las consecuencias de la introducción de malezas y plantas exóticas invasoras. Estas evaluaciones se basan en las directrices de la CIPF y por lo general se activan con la intercepción o introducción no intencional de una plaga, o debido a un cambio en la política en cuanto a la plaga. También se pueden utilizar para las plantas para plantar, para evaluar el potencial invasor de una planta para dar respuesta a una solicitud de importación. Las evaluaciones del riesgo de malezas comprenden una revisión exhaustiva de la literatura y abarcan los elementos principales del inicio (inicio de eventos, evaluaciones de riesgo anteriores y la descripción de la maleza), y evaluación (estatus geográfico y normativo, hábitat apropiado y potencial de establecimiento, potencial de dispersión, potencial económico e impactos ambientales, así como la probabilidad de introducción). Se discuten los criterios y luego se jerarquizan como: insignificante, bajo, medio o alto, y se asignan puntuaciones que van de cero a tres, respectivamente, basándose en las directrices establecidas. El puntaje general se determina utilizando una tabla que combina los resultados de la probabilidad de introducción y las consecuencias de la introducción. Los métodos de evaluación del riesgo de maleza utilizados en México son similares a aquellos utilizados en Estados Unidos y Canadá. México utiliza las directrices para la evaluación del riesgo que figuran en la NIMF n.º 11 para realizar evaluaciones del riesgo de insectos, patógenos y malezas. Por ende, las evaluaciones del riesgo de plaga para malezas abarcan los mismos elementos que las que realizan Estados Unidos y Canadá.

Los métodos actuales de evaluación del riesgo de maleza utilizados en Estados Unidos, Canadá y México proporcionan una descripción clara y minuciosa de los riesgos e incertidumbres relacionados con la posible introducción de una especie, a raíz de la cual se pueden tomar las decisiones normativas y de manejo. Estos métodos son transparentes y de conformidad con las directrices de la CIPF. También permite la consideración de información o circunstancias exclusivas que un sistema de asignación de puntos no haría, y las justificaciones por escrito del puntaje permiten cierta flexibilidad en la evaluación de aquellas clasificaciones (Daehler y Denslow, 2007). Ninguno de los otros métodos que se discuten en el presente documento incluye una evaluación descriptiva de los posibles impactos económico y ambiental.

Sin embargo, con el fin de preseleccionar las plantas para plantar como plagas, hay un número de inconvenientes en los métodos de evaluación del riesgo de malezas que actualmente utilizan los países miembros de la NAPPO. Por ejemplo, nunca se han evaluado las tasas de éxito y fracaso en la identificación de invasores y no invasores (Daehler y Denslow, 2007). La predicción del rango potencial de una especie invasora en el país de interés también continúa siendo una debilidad para evaluar la conveniencia del hábitat o el potencial de establecimiento. Además, la probabilidad de

introducción es un elemento de estas evaluaciones del riesgo de maleza que es innecesario para las plantas propuestas para la importación. Lo más importante, los métodos existentes son extensos y requieren mucho tiempo, y generan documentos por lo general de al menos 30 páginas y toman de varias semanas a meses para completarse. Por consiguiente, resultan costosos y no son prácticos para preseleccionar cantidades grandes de plantas para plantar.

## **Categorización**

Además de las evaluaciones exhaustivas del riesgo de malezas, Canadá, Estados Unidos y México actualmente utilizan algún tipo de preselección de evaluación previa al riesgo, o de categorización en la forma de una serie de interrogantes rápidas con el fin de evaluar si es necesario realizar una evaluación total del riesgo. Estas categorizaciones se describen en la NIMF n.º 11 como la etapa preliminar de una evaluación del riesgo de plagas. Éstas se pueden utilizar para establecer si un taxón cumple o no con los criterios de una "plaga cuarentenaria", es decir, está ausente del área de evaluación del riesgo (o presente pero no está extendida y se encuentra bajo control oficial), tiene el potencial de establecerse y dispersarse, y tiene el potencial de causar daño económico dentro del área de evaluación del riesgo. Estos criterios por lo general comprenden de tres a cuatro preguntas para determinar si el taxón debería evaluarse adicionalmente como plaga cuarentenaria: ¿está la especie presente en el área de ARP? ¿tendría el potencial de sobrevivir allí (por ejemplo, compatibilidad climática)? ¿se ha notificado en cualquier otro lugar como especie invasora o nociva? Las preguntas pueden contestarse mediante un formato de "árbol de decisión"; de tal forma que cada pregunta ya sea termina la evaluación o nos lleve a la siguiente pregunta (por ejemplo, ¿está ya la especie presente en el área de ARP? De ser así, la evaluación termina aquí; de lo contrario, debe procederse a la pregunta 2 y las otras). De esta forma, las evaluaciones se mantienen breves a propósito.

La categorización puede ser de especial utilidad para preseleccionar especies de bajo riesgo u otras especies no cuarentenarias, para las cuales no se requiere evaluación adicional. Sin embargo, según la NIMF n.º 11, el proceso de evaluación de riesgo de plagas debería continuar más allá de la etapa de categorización, si la especie es una plaga cuarentenaria potencial o cuando se carece de suficiente información para tomar una decisión. Las especies que no se preseleccionan están por ende sujetas a la evaluación del riesgo de maleza completa. Por consiguiente, debido al gran número potencial de especies que todavía requerirían evaluaciones de riesgo completas, un método de categorización tal como el que se describe aquí, aún sería poco práctico como una herramienta de preselección antes de la importación para evaluar las plantas para plantar.

La pregunta "¿es una maleza en otro lugar?" se considera uno de los pronosticadores más útiles de la capacidad invasora (Reichard y Hamilton, 1997; Gordon *et al.*, 2008; NRC, 2002) y también puede clasificarse como un tipo de categorización o sistema rápido de preselección. Gordon *et al.* (2008), por ejemplo, encontraron que este criterio dio como resultado una tasa de rechazo correcta del 92% para los invasores principales y un 92% de aceptación correcta de los no invasores en una serie de 158 plantas exóticas en Florida. Se rechazaron dos tercios de los invasores menores, y se aceptó un tercio. Daehler *et al.* (2004) también examinaron la utilidad de este criterio único. Para las especies de Hawai y las Islas del Pacífico, se permitió la entrada de un gran número de plagas muy importantes que otros sistemas probaron, aunque fue eficaz en admitir la mayoría de los no invasores. Este criterio único de la capacidad invasora ha probado ser de importancia como componente de un sistema más grande de evaluación del riesgo de malezas y de un sistema de herramienta de preselección. Sin embargo, por sí solo, tiene algunas limitaciones serias, incluyendo el hecho de que no considera las características biológicas o la compatibilidad climática de las especies en el área propuesta de introducción y tampoco no todas las especies han tenido la oportunidad de convertirse en maleza en otro lugar (Gordon *et al.*, 2006). Rejmánek (1998) calcula que el 85% de las posibles plantas invasoras caen bajo esta categoría.



## **Pronóstico de la capacidad invasora de la planta**

Esta sección del documento de discusión revisa la literatura reciente para pronosticar la capacidad invasora de la planta.

El éxito de una herramienta de preselección dependerá de su capacidad de pronosticar si una planta introducida o no se convertirá en invasora. Las variables aplicadas para pronosticar la capacidad invasora de la planta pueden colocarse bajo tres categorías generales: las relacionadas con la biología de la especie, aquellas relacionadas con el ambiente externo y aquellas relacionadas con el historial de invasión y los impactos relacionados (si se conocen). Los adelantos recientes indicados en la literatura, acerca de la eficacia de estos tipos de variables para pronosticar la capacidad invasora de la planta se discuten abajo. Este desarrollo de modelos de predicción exactos para la capacidad invasora de la planta serían ventajosos desde el punto de vista económico, cuando se comparan con el costo elevado de controlar rápidamente la dispersión de infestaciones (Finnoff *et al.*, 2007).

### **Rasgos biológicos**

Baker (1965, 1974) recopiló una lista de rasgos biológicos para la "maleza ideal" incluyendo el desarrollo rápido, alto nivel de fecundidad, semillas que se dispersan con facilidad, límites amplios del ámbito del clima y plasticidad fenotípica elevada. Estos rasgos de plantas se verificaron como pronosticadores biológicos cuando se describieron posteriormente en la literatura y en recopilaciones de las plantas más invasoras del mundo (Mack 1996). Sin embargo, aún necesitan traducirse estas variables generalizadas de plantas en un grupo de parámetros específicos que sean comunes para todas las plantas invasoras.

Existe un debate abierto sobre si existen o no rasgos de plantas "universales" o "exclusivos" que están relacionados con la capacidad invasora de la planta. Varios ecologistas de plantas invasoras creen que existen tantas razones para la capacidad invasora de la planta como existen plantas invasoras, a saber, cada planta invasora cuenta con una serie de rasgos o propiedades invasoras exclusivas o idiosincrásicas (Williams *et al.* 2002, Williamson 1999, Davis 2006). Una variación del tema de que cada planta invasora cuenta con propiedades invasoras exclusivas es que pueden existir mecanismos biológicos subyacentes asociados con la capacidad invasora, pero la relación entre las condiciones externas de la planta, los rasgos internos de la planta y la capacidad invasora son muy complejos de tal forma que son imposibles los modelos sencillos y simplificados. Los modelos que están limitados a una forma de vida específica, tales como pinos o arbustos leñosos, parecen generar resultados más precisos que los modelos de amplia base que tratan de combinar diversas formas de vida (Grotkopp y Rejmanek 2007). Parece haber un consenso general de que a la fecha las investigaciones no han podido descubrir un grupo común de mecanismos biológicos subyacentes que puedan pronosticar en forma precisa si una especie exótica desconocida tiene un alto potencial de invasión después de importarse a un país (Marck *et al.*, 2000). Las investigaciones recientes han tenido resultados encontrados al tratar de entender y ensayar en forma experimental las relaciones entre los mecanismos biológicos y la capacidad invasora de la planta.

Se ha logrado algún avance comparando los parámetros biológicos entre las plantas invasoras y no invasoras relacionadas. En algunos casos, las especies invasoras han exhibido una tasa mayor de fecundidad, tasas relativas de crecimiento, área de la hoja específica y eficacia del uso de recursos, que las especies no invasoras que están relacionadas filogenéticamente (Burns, 2004; García-Serrano *et al.*, 2005; Grotkopp y Rejmanek, 2007; Pysek y Richardson, 2007). Sin embargo, no siempre se observan tales diferencias (Bellingham *et al.*, 2004). Las plantas invasoras pueden ser oportunistas y expresar tasas mayores de crecimiento en ambientes con mayores

recursos, revelando una explicación biológica posible para su capacidad invasora. Sin embargo, muchas plantas invasoras también tienen éxito en la colonización de ambientes con pocos recursos, lo cual sugiere que algunas plantas invasoras son más eficaces en cuanto al uso de un recurso (Funk y Vitousek 2007).

Los efectos de los gradientes de recursos y la eficiencia del uso del recurso actualmente se encuentran al frente de la investigación fisiológica sobre las plantas invasoras. Una hipótesis para la mayoría de la investigación de plantas invasoras basada en los gradientes de recursos es que una mayor plasticidad fenotípica permite que las plantas invasoras se adapten mejor, o tengan un mayor estado físico, en diferentes ambientes (Bossdorf *et al.* 2005; Sultan 2003). Funk y Vitousek (2007) sugieren que la ventaja de las eficiencias del uso de recurso para las plantas invasoras puede ser pasajera, por lo que deberían estudiarse los efectos a largo plazo. La dinámica de la invasión a largo plazo también puede incluir mecanismos biológicos múltiples, entre ellos: adaptación rápida a ambientes de altos recursos, eficiencia del uso del recurso y otros mecanismos biológicos tales como alelopatía, distribución de raíces/brotes adventicios, tolerancia a la sal, tolerancia al fuego, etc.

La revisión de la literatura reveló que por lo menos 13 estudios recientes compararon los parámetros biológicos seleccionados entre plantas invasoras y no invasoras, y seis de estos estudios comprendían experimentos de gradientes de recursos con agua, luz, temperatura y CO<sub>2</sub>. Los resultados generales están mezclados, con plantas invasoras mostrando los estados de vida y la plasticidad específica al rasgo, es decir, evidencia de plasticidad en el intercambio de gas (Ewe y da Silveira Lobo Sternberg 2005; Wilson *et al.* 2004), eficacia del uso del agua (Brock y Galen 2005; Xiong *et al.* 2004) y eficiencia en el uso del nitrógeno (Niinemets *et al.* 2003; Durand y Goldstein 2001), pero con respuestas fijas para otros parámetros biológicos (Brock *et al.* 2005; Ewe y da Silveira Lobo Sternberg 2005).

La interacción entre genotipo y el medio ambiente (genotipo x ambiente = fenotipo) determina la respuesta del fenotipo en cuanto a los cambios en el medio ambiente. Como da a entender la interacción arriba, el estado físico de un genotipo condicionado a un ambiente se expresa en los límites de la plasticidad fenotípica (Bradshaw, 2006). La adaptabilidad de una especie, mediante la plasticidad fenotípica, genética o mecanismos epigenéticos debería estar altamente correlacionada con su potencial invasor, por ejemplo, la adaptabilidad sería un pronosticador principal de la capacidad invasora. La fluidez de los genotipos se ha resaltado con el tiempo en las investigaciones recientes que suponen hibridación, genética ploídica, cruzamiento de múltiples orígenes y epigenética (Bossdorf *et al.* 2005; Pérez *et al.* 2006). La variabilidad genética en las plantas, con el tiempo, constituye una vía principal de investigación actual y ya está arrojando conocimientos valiosos sobre la razón por la cual algunas especies se convierten en invasoras con el tiempo.

Las investigaciones genéticas recientes sugieren que existe una correlación entre los niveles ploídicos, una mayor diversidad genética y adaptabilidad ambiental de las especies de plantas (Hansen *et al.*, 2007; Saltonstall, 2002). Existen algunas excepciones muy bien conocidas a esta generalización, entre ellas *Fallopia japonica* y la lagunilla que son autopolinizadores y tienen muy poca variación genética (Ward *et al.*, 2008). Las plantas invasoras con rasgos de gran adaptabilidad también pueden tener una base genética diversa o pueden rastrearse genéticamente a orígenes múltiples (Clements *et al.* 2004; Clevering *et al.* 2001). La propensión de varias plantas invasoras a hibridar, adaptarse a ambientes nuevos mediante la plasticidad fenotípica o adaptarse mediante la epigenética generalmente aumenta su agresividad y rasgos físicos, además de expandir los límites del ámbito ecológico.

Con algunas excepciones (Grotkopp y Rejmanek 2007), la mayoría de los estudios mencionados anteriormente comprenden muy pocas especies y sus congéneres no invasores. De este modo,

es sumamente limitada la extrapolación de sus resultados a los modelos de clasificación más amplios, basada en la taxonomía o forma de vida. Sin embargo, la mayoría de estos estudios indican que los parámetros biológicos pueden utilizarse para diferenciar las plantas no invasoras de las invasoras, con la salvedad de que los parámetros importantes generalmente varían entre las especies y los estados de vida. Esto sugiere que un grupo completo de parámetros biológicos, recolectados de diferentes estados de vida, formas de vida y sobre una gama de gradientes de recursos serían apropiados para desarrollar el componente principal de los modelos pronosticadores y con bases científicas. El análisis multivariado puede utilizarse para analizar esta información con el fin de evaluar la importancia y solidez de las relaciones entre los parámetros biológicos y la capacidad invasora de la planta (véase el Apéndice 1).

### *Ventajas y desventajas de los modelos basados en los rasgos biológicos*

La premisa básica para los modelos basados en los rasgos biológicos es que existen mecanismos biológicos/genéticos de las plantas que son subyacentes y que tienen patrones o parámetros detectables que son comunes entre las plantas invasoras agrupadas bajo formas de vida seleccionadas, a saber, gramíneas, *forbs*, pinos, etc. La ventaja principal de dichos modelos es que se basarían en mecanismos o rasgos biológicos subyacentes que son constantes y están estrechamente relacionados con la capacidad invasora de la planta. Si se supone que el potencial de la capacidad invasora es una función de los rasgos internos de la planta y las variables ambientales, entonces una serie integrada de modelos biológicos y climáticos pueden lograr una exactitud elevada en la predicción de la capacidad invasora de la planta. Las relaciones básicas entre los rasgos biológicos y los parámetros y la capacidad invasora ofrecen un "por qué" explícito de que algunas plantas se convierten en invasoras y otras no lo hacen, cuando se introducen a ambientes nuevos. Otra ventaja potencial es que las plantas muy poco conocidas que se clasificaron para la evaluación adicional pueden solo requerir una recolección mínima de los parámetros biológicos, seguido de la reclasificación utilizando los modelos apropiados. Finalmente, los modelos biológicos combinados con modelos espaciales/climáticos ofrecen una justificación científica, transparente y defendible para negar la importación de especies de plantas con un alto potencial de la capacidad invasora.

La desventaja principal posible de los modelos biológicos es que los mecanismos biológicos subyacentes pueden no mostrar constancia o relaciones universales con la capacidad invasora de la planta. Aún está por establecerse una serie universal de rasgos biológicos. Una variación de esta premisa es que las relaciones pueden ser tan complejas y variar de tal forma que los modelos generales son imposibles de desarrollar o tener una previsibilidad baja para la capacidad invasora. Otra desventaja posible es que los experimentos costosos y que llevan mucho tiempo pueden ser necesarios para probar las respuestas de las plantas comparadas taxonómicamente, no invasoras y las invasoras en una serie de gradientes de recursos. Una suposición principal de que son necesarios tales experimentos costosos es que no existe rasgo genético que esté correlacionado en forma universal con todas las especies invasoras. Si los rasgos genéticos demuestran que gobiernan la adaptabilidad de la especie, entonces se pueden desarrollar pruebas genéticas económicas para la pronta clasificación de especies con rasgos biológicos desconocidos. Aunque el aumento de interés acerca de la relación entre variabilidad genética y la capacidad invasora de la planta es importante, las interacciones básicas entre plantas y sus ambientes no deberían ignorarse sino incluirse en un enfoque global para pronosticar la capacidad invasora (Pérez *et al.* 2006; Chun *et al.* 2007).

### **Sistemas de comparación climática y modelado espacial**

Además de los atributos biológicos, la capacidad invasora de las plantas es una función parcial de las condiciones ambientales abióticas y bióticas en donde las especies pueden sobrevivir, establecerse e incluso dispersarse en el paisaje. Las características del medio ambiente

incluyendo las propiedades del suelo, el clima, y la interacción con la vegetación nativa y las plagas son todas variables que pueden estar muy asociadas con el potencial invasor de una especie. Un enfoque útil para pronosticar el alcance de distribución futuro de una especie de planta es comparar las condiciones ambientales de su rango nativo con las de un hábitat potencial, esto es, comparación del clima con su rango nativo. Este enfoque de modelado espacial puede ser preciso cuando se conoce el ámbito nativo o naturalizado de una planta. La premisa básica de la comparación del clima o el modelado espacial es que las condiciones externas tales como el clima, los suelos o la vegetación nativa pueden utilizarse para establecer un modelo de la amplitud ecológica o los límites de los rangos y/o pronosticar la distribución futura de una especie invasora.

Muchos programas que se basan en el clima tales como CLIMEX, BIOCLIM y GARP se han desarrollado para proporcionar evaluaciones geográficas de la distribución potencial o para pronosticar los límites de los rangos de las especies. Por ejemplo, el programa de comparación de clima CLIMEX fue elaborado para pronosticar la distribución geográfica potencial para cada taxón invasor (Sutherst *et al.* 1999). La base de datos meteorológicos de CLIMEX incluye 2500 ubicaciones globales que proporcionan temperaturas promedio mensuales, humedad relativa y precipitaciones. Hay dos módulos en CLIMEX que incluyen: 1) Comparación de climas y 2) Comparación de ubicaciones. El programa de comparación de climas compara las condiciones meteorológicas entre las ubicaciones, mientras que el programa de comparación de ubicaciones se utiliza para pronosticar las distribuciones potenciales bajo condiciones climáticas actuales. Estos pronósticos se basan ya sea en tolerancias determinadas en forma experimental, historia de la vida de una especie o las variables climáticas en el rango nativo de una especie. El USDA-APHIS ha creado un programa similar que se conoce como Pronóstico de plagas de plantas del NCSU-APHIS (NAPPFAST por su sigla en inglés) para trazar un mapa del riesgo de plagas dentro de la entidad (Magarey *et al.* 2007). Los modelos que se basan en el clima se están convirtiendo en más complejos y más especializados para cumplir las necesidades de las entidades gubernamentales o los objetivos de un proyecto. Por ejemplo, estos modelos pueden utilizarse para examinar los rangos potenciales de las especies según circunstancias distintas de cambio de clima.

Además de los programas que se basan en el clima, existe el potencial de tener adelantos con las técnicas de mapeo del Sistema de Información Geográfica (GIS, por sus siglas en inglés) para contribuir con el pronóstico del potencial de distribución de las especies introducidas. La tecnología del GIS ha avanzado de tal forma que las propiedades del suelo, imágenes fotográficas aéreas y el tiempo, así como otros atributos del tiempo y espaciales pueden presentarse en capas en mapas de encuestas de plantas invasoras. Por ejemplo, el Servicio de Conservación de Recursos Naturales de Estados Unidos tiene mapas de suelo para 95% de los condados de EE.UU., los cuales pueden ponerse en capas en un mapa del GIS. Además, en los próximos seis a doce meses, el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS, por su sigla en inglés) podrá proporcionar datos archivados sobre el tiempo y la vegetación recolectados por los satélites de la NASA para cualquier sitio global, con una resolución de un kilómetro cuadrado. Muy pronto será posible obtener mapas detallados del GIS en capas, con fotos aéreas, propiedades del suelo y atributos del tiempo, junto con múltiples atributos asignados a cada infestación de planta invasora. Las unidades del Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por su sigla en inglés) con exactitud submétrica pueden utilizarse en las encuestas de detección temprana y permitiría a los gerentes calcular rápidamente las tasas de expansión.

#### *Ventajas y desventajas de la comparación climática y modelado espacial*

La ventaja principal del mapeo del GIS y el modelado espacial es que los mapas de distribución con niveles de probabilidad codificados con colores pueden crearse para cualquier especie, dándole una serie de datos de la encuesta de una variedad de poblaciones de plantas existentes. Por consiguiente, las preguntas sobre la adaptabilidad climática de una especie en el área

potencial de introducción pueden abordarse con mayor certeza. También pueden identificarse las áreas fuentes críticas para especies invasoras nuevas (Thuiller *et al.*, 2005). Estos métodos también tienen la posibilidad de proporcionar mapas de "tiempo real" que muestran las dinámicas espaciales y temporales de las distribuciones de las especies invasoras. Los adelantos en la tecnología de GPS y GIS producen mapas detallados con atributos incluidos para el tiempo y la vegetación nativa. Los programas de Internet permiten que las entidades gubernamentales, organizaciones voluntarias y los científicos ciudadanos realicen monitoreos, encuestas, modelos y trazar mapas de distribuciones de especies, lo cual es un adelanto importante hacia los mapas de "tiempo real". Los modelos espaciales son escalables desde los paisajes locales a los nacionales, y los resultados de modelos múltiples pueden evaluarse y compararse para detectar el estado físico y la precisión para un solo análisis.

Una desventaja del modelado espacial es que solo se utilizan factores externos para establecer el modelo/pronosticar la relación entre las plantas invasoras y su ambiente. Otra desventaja principal es que el modelado espacial "pronosticador" se fundamenta en información de la encuesta de las especies que ya están presentes en EE.UU. El modelado de pronóstico para la capacidad invasora de la planta debería incluir un sistema integrado y basado en módulos con sistemas espaciales y biológicos de tal forma que los pronosticadores externos e internos se combinen para obtener una mejor precisión. Otra desventaja es que las otras variables complejas tales como las condiciones de dispersión/vía imprevisibles (Davis *et al.* 1998; NRC, 2002), las alteraciones aleatorias provocadas por el hombre o naturales, las condiciones anormales del tiempo, la presión del propágulo, la hibridación o las interacciones imprevisibles con la vegetación nativa, los insectos y las enfermedades (Mack 1996; NRC, 2002) también afectan la tasa de dispersión y los límites de rango eventuales de una especie. Los modelos que se basan principalmente en factores ambientales no pueden tomar en cuenta el hecho de que las limitaciones impuestas por los factores bióticos en el ámbito de una especie nativa (por ejemplo, enfermedad, herbivoría, competencia) a menudo hacen falta en el ámbito introducido de la especie. También existen varios estudios que muestran que los límites de rango de las plantas invasoras han superado los límites en sus rangos nativos (por ejemplo, Warwick *et al.* 1984).

### **Historia de la invasión e impactos relacionados**

Conforme a las normas internacionales, la evaluación del riesgo de plagas incluye tanto la evaluación de la probabilidad de la introducción y la dispersión de una plaga, así como la evaluación de la magnitud de las consecuencias económicas potenciales que estén relacionadas. Para las plantas para plantar, la introducción es casi segura si se otorga el permiso de importación. El potencial de dispersión puede evaluarse utilizando los rasgos biológicos y ambientales descritos anteriormente. Para las consecuencias económicas potenciales, la prueba del comportamiento de una planta tanto en entornos nativos como no nativos y los impactos económicos relacionados dará peso a la evaluación del riesgo de plaga en un área nueva. El mismo debería ser el caso para una posible herramienta de preselección, aunque se reconoce que en algunos casos esta información puede no existir y no todas las especies han tenido la oportunidad de convertirse en malezas en otra parte (véase la discusión en "¿es una maleza en otro lugar?" en la página 20). En general, las preguntas relacionadas con el historial invasor de una especie y el potencial para los impactos económicos pueden proporcionar criterios convincentes para una herramienta de preselección u otro tipo de evaluación del riesgo de plagas, pero resultarían insuficientes por su cuenta.

### **Herramientas de preselección**

Esta sección del documento de discusión analiza las herramientas de preselección o evaluación existentes para pronosticar la posible capacidad invasora de las plantas para plantar. Los diversos

enfoques se examinan en cuanto a sus puntos fuertes y débiles relativos, así como su utilidad y aplicabilidad en el contexto norteamericano.

Las herramientas de preselección requieren contribuciones específicas para pronosticar la capacidad invasora de la planta. Estas contribuciones, las cuales se revisaron anteriormente, pueden ser atributos biológicos específicos de las especies, características del ambiente externo que habita o descripciones del historial de invasión de la especie y los tipos de impactos que pueden resultar. Estas contribuciones utilizadas en un modelo pueden seleccionarse aplicando la opinión de expertos, mediante un análisis multivariado, o a través de sistemas expertos que reúnen ambos enfoques (véase el Apéndice 1). En general, las herramientas de preselección descritas en este apartado incluyen más de un tipo de contribución y utilizan enfoques de preguntas y respuestas o un árbol de decisiones. El resultado puede ser una puntuación numérica, la cual se evalúa con una escala de no invasor a invasor, o una decisión, tal como rechazar o permitir la entrada. Un resultado adicional podría ser que la especie requiere evaluación adicional. En los sistemas que asignan puntos a la compatibilidad climática y atributos de la planta, se deben definir los puntos límites para "aceptar, rechazar y evaluar más".

El resultado deseado de una herramienta de preselección es que rechace una proporción elevada de plantas invasoras y que acepte una proporción alta de plantas no invasoras. Una herramienta de evaluación con una tasa alta de error clasificaría erróneamente y excluiría muchas especies no invasoras por cada especie invasora cuya introducción ésta evita. (Keller *et al*, 2007). Para poner a prueba los resultados de las herramientas de preselección en cuanto a la capacidad invasora para un área geográfica definida, los investigadores utilizan las herramientas para evaluar las plantas invasoras conocidas como las no invasoras conocidas en esta área. El porcentaje de especies de prueba que se pronostican en forma correcta, a saber, el éxito de la herramienta, puede depender de la forma en que se defina el término "invasor". Algunas veces las plantas que se naturalizan pero se desconoce si tienen un impacto negativo en la agricultura o el medio ambiente se han categorizado como "invasoras menores" y se han agrupado con invasoras principales, lo cual puede afectar la precisión de los resultados del pronóstico (Gordon *et al*, 2008b). Una herramienta de evaluación del riesgo con una tasa de precisión descrita del 90%, por ejemplo, puede ser considerablemente menos precisa si se calibra utilizando solo plantas que son "invasoras", que en su definición incluye evidencia de que la especie causa daño ambiental o económico.

El siguiente es un resumen de las herramientas de preselección principales que se utilizan en todo el mundo. Se discuten los puntos fuertes y débiles de cada herramienta de preselección utilizando siete criterios: (1) Capacidad de distinguir entre malezas y no malezas; (2) Prueba y validación; (3) Adaptabilidad a climas / ecosistemas / hábitos de crecimiento distintos; (4) Eficacia en función de los costos (fácil de utilizar, tiempo necesario); (5) Bases científicas; (6) Objetividad y (7) Capacidad de abordar los vacíos en el conocimiento.

## **Modelo de Reichard y Hamilton (Reichard y Hamilton, 1997)**

Reichard y Hamilton (1997) crearon un árbol de decisión que evalúa el potencial de la capacidad invasora basándose en rasgos de las plantas leñosas. Los elementos específicos del árbol de decisión se relacionan con el antecedente de invasión en otro lugar, la relación taxonómica con otras especies invasoras, la producción vegetativa, el rango nativo, la duración del período juvenil, el requisito del tratamiento previo de la semilla para germinación y si el taxón es o no un híbrido interespecífico. Puede reunirse la información para el uso del árbol de decisión a partir de la literatura y los especímenes del herbario, o a raíz de la experiencia con el cultivo de la planta. El árbol de decisión divide a las especies en tres categorías: admitida, rechazo de admisión o admisión retrasada (= evaluación adicional).

De los elementos específicos del árbol de decisión, el único pronosticador más confiable fue si la especie era o no conocida como invasora en otro lugar del mundo. El pronóstico todavía era posible, aunque con menor éxito, basándose solo en los atributos biológicos y geográficos.

*Capacidad para distinguir entre las malezas y no malezas:* El modelo de Reichard y Hamilton rechazó un 85% de los invasores, aceptó un 2% y recomendó realizar análisis adicional a un 13%. Solo aceptó 46% de no invasores, rechazó 18% y recomendó 36% para análisis adicional.

*Prueba y validación:* se utilizaron doscientas noventa y una especies leñosas, que representaban 204 invasoras y 87 no invasoras para validar el árbol de decisión. Se identificaron las invasoras como tales, basándose en las colecciones de los herbarios y mediante el contacto con los gerentes de recursos. Las no invasoras fueron aquellas que figuraban en la lista de los catálogos de viveros y semillas de principios del siglo veinte que no se habían librado del cultivo.

Daehler y Carino (2000) también probaron el árbol de decisión de Reichard y Hamilton en 57 especies leñosas (plagas serias y no plagas) de Hawai. El modelo rechazó 82% de las especies invasoras y para el 18% restante se requirió estudio adicional. Se aceptaron la mayoría de las no invasoras (79%), mientras que se rechazó un 10% y otro 10% requirió estudio adicional. Sin embargo, el modelo australiano de Evaluación del riesgo de malezas (WRA, por su sigla en inglés) (véase abajo) fue más exacto que el árbol de decisión o el sistema elaborado por Tucker y Richardson (1995) para invasores leñosos en los finbos sudafricanos (Daehler y Carino, 2000).

Jefferson *et al.* (2004) probaron una versión modificada del modelo de Reichard y Hamilton para utilizarla en el Jardín Botánico de Chicago, y la compararon con el modelo australiano de WRA (ver abajo) y varios modelos australianos de WRA modificados. El modelo de Reichard y Hamilton tuvo como resultado una proporción alta de especies que requerían evaluación adicional, incluyendo un 45% de las especies invasoras conocidas, y un 55% de las especies no invasoras conocidas. El resto de las especies invasoras (55%) se clasificaron correctamente como invasoras. De las especies no invasoras, un 30% se clasificaron correctamente como no invasoras y un 15% se clasificaron incorrectamente como invasoras.

Widrechner *et al.* (2004) probaron el modelo de Reichard y Hamilton para pronosticar el riesgo de naturalización de plantas leñosas no invasoras en Iowa. Su aplicación del modelo a los datos de Iowa resultó en una tasa de clasificación de tan solo 65%. Sin embargo, las mejoras a esta tasa de clasificación se lograron modificando el modelo original 'continental', junto con la invención de un modelo regional nuevo. Su investigación demostró el valor de incluir los antecedentes y las variables geográficas de importancia local en modelos 'continentales' más amplios. En un estudio de especies leñosas realizado en la República Checa, Křivánek y Pyšek (2006) encontraron que el modelo de Reichard y Hamilton era inferior al WRA australiano y la Evaluación hawaiana del riesgo de maleza (H-WRA) (véase abajo). En un grupo de datos de 180 especies leñosas exóticas, este modelo rechazó solo un 35% de las especies invasoras y aceptó un 65% de las especies no

invasoras. Fue el único modelo de los tres en aceptar algunas invasoras. El rendimiento pobre en esta serie de datos puede estar relacionado con el hecho de no tomar en cuenta factores climáticos, así como la posible parcialidad debido a la clasificación taxonómica, a saber, ser miembro de un género/familia que se sabe que contiene otras especies invasoras (Křivánek y Pyšek, 2006).

*Adaptabilidad a diferentes climas/ecosistemas/hábitos de crecimiento:* este árbol de decisión se creó para las especies invasoras leñosas de Norteamérica. Los autores indicaron que los métodos, pero no los detalles específicos, que se utilizaron para crear el árbol de decisión podían ser útiles para otros grupos taxonómicos. Ellos recomendaron tener cautela al aplicar este árbol de decisión a otros grupos taxonómicos tales como plantas anuales.

Křivánek y Pyšek (2006) sugirieron que con tan pocas preguntas, el sistema es fácil de utilizar cuando se ha desarrollado, pero limitado en su aplicabilidad para otros casos.

*Eficacia en función del costo (facilidad de uso, tiempo necesario):* El árbol de decisión consta de siete preguntas. Todas o algunas de estas preguntas requieren respuesta para llegar a una conclusión. No fue difícil encontrar la información que se necesitaba para la evaluación de las especies a las que se les ha realizado pruebas, aunque se identificó el período juvenil mínimo como el más desconocido. Aunque no se indicó el tiempo necesario para completar la evaluación, considerando el número de preguntas, es probable que sea menos de medio día; también es sencillo y fácil de utilizar.

*Base científica:* en la literatura se ha sugerido la mayoría de las características de la planta evaluadas para el desarrollo del modelo. Luego se seleccionaron los rasgos basándose en su poder discriminatorio en el análisis discriminatorio y los modelos de árbol de decisión. La versión del árbol de decisión que se seleccionó tenía la tasa menor de clasificación errónea (Reichard y Hamilton 1997).

*Objetividad:* las preguntas en el árbol de decisión son sencillas y las respuestas son del tipo sí o no. Siempre que los evaluadores revisen las fuentes pertinentes en forma adecuada, los resultados deberían ser objetivos y capaces de repetirse.

*Capacidad para abordar los vacíos de conocimiento:* la incapacidad para contestar una de las preguntas importantes en el árbol de decisión impediría que se llegara a una decisión.

### **Sistema australiano de evaluación del riesgo de malezas (WRA, por su sigla en inglés) (Pheloung *et al.*, 1999)**

El sistema australiano de WRA consta de 49 preguntas relacionadas con los antecedentes, la biogeografía, biología y ecología de malezas. Dentro de estas categorías amplias, las preguntas se agrupan bajo los siguientes subtítulos: domesticación/cultivo, clima y distribución, maleza en otro lugar, rasgos indeseables, tipo de planta, reproducción, mecanismos de dispersión y atributos de persistencia (Pheloung *et al.*, 1999). Las preguntas se contestan en base a la información (literatura, flora, bases de datos) proveniente de otras partes del mundo que no sea el país para el cual se realiza la evaluación. Por lo menos 10 preguntas, distribuidas de manera especificada en todas las categorías deben contestarse para completar el WRA australiano. En la mayoría de las pruebas del WRA australiano, ha existido suficiente información para permitir dar respuesta a más de 30 preguntas, como promedio (Gordon *et al.*, 2008a).

Las 49 preguntas se proporcionan en una hoja de puntaje, y a la mayoría se les otorga importancia similar, aunque el puntaje relacionado con las preguntas individuales puede oscilar entre -3 a 5 (Pheloung *et al.*, 1999). Los puntajes totales comprenden desde -14 (benigno) hasta 29 (potencial



máximo de convertirse en maleza). Los resultados del puntaje son los siguientes: <1 Aceptar, 1-6 Evaluar más, >6 Rechazar. Para las especies que requieren evaluación adicional, se puede recopilar más datos y aplicar nuevamente el modelo, o se podrá requerir investigación de campo. La división del puntaje total entre las preguntas relacionadas principalmente con la agricultura o el medio ambiente permiten al evaluador determinar si los impactos de la maleza serán principalmente de tipo agrícola o ambiental. Esta denominación podrá ayudar en la toma de decisión de tipo normativo.

*Capacidad para distinguir entre las malezas y no malezas:* el sistema australiano de WRA rechazó o aceptó más del 70% de los 370 taxones, mientras que el 29% requirió evaluación adicional. El modelo se calibró para rechazar todas las malezas serias mientras que rechazó simultáneamente un mínimo de (7%) de no malezas. Se rechazaron o evaluaron la mayoría de las malezas menores (84%), (Pheloung *et al.*, 1999). En pruebas posteriores, una selección secundaria para disminuir el número de especies en la categoría "evaluación adicional" (Daehler *et al.*, 2004) ha disminuido constantemente ese número a <10%. Las malezas principales se identifican correctamente por lo menos un 90% del tiempo, y las no malezas se identifican correctamente un 70% de las veces, cuando se ha calculado el promedio de los resultados de todas las geografías en las cuales se ha probado este sistema (Gordon *et al.*, 2008b).

*Prueba y validación:* el sistema australiano de WRA es bien conocido y es probable que haya sido sometido a más pruebas y validación que cualquiera de las herramientas de preselección. Este sistema australiano de WRA se adoptó formalmente para uso normativo en Australia en 1997 (Pheloung, 2005) y se ha utilizado para más de 2800 taxones. El modelo original se calibró y ensayó utilizando 370 taxones que representaban malezas serias, malezas menores y no malezas provenientes de una variedad de sectores (agricultura, medio ambiente, horticultura, jardinería, áreas de servicio). El rendimiento se evaluó en comparación con la opinión de un experto. Las clasificaciones de los expertos estuvieron correlacionadas considerablemente con el puntaje de la WRA ( $r=0.686$ ,  $P<0.01$ ). Se encontró que la herramienta era más decisiva que los dos métodos más sencillos, el sistema AQIS/Hazard (por Hazard, 1988) y el desarrollado por Panetta (1993).

Desde su inicio, el sistema australiano de WRA y las versiones modificadas de este modelo se han probado en Nueva Zelanda (Pheloung *et al.*, 1999), en donde también se ha implementado para fines normativos, Hawai (Daehler *et al.*, 2000), Illinois (Jefferson *et al.*, 2004), las islas Galápagos (Pheloung, 2005), Florida (Gordon *et al.*, 2008a), las islas Bonin (Kato *et al.*, 2006), Italia (Crosti *et al.*, 2007), Europa Central (Krivánek y Pyšek, 2006) y Japón (Nishida *et al.*, 2008). Los resultados de varias de estas pruebas se resumen y comparan en Gordon *et al.* (2008b).

Daehler y Carino (2000) compararon la exactitud del WRA australiano con la del árbol de decisión de Reichard y Hamilton (1997) y el sistema de Tucker y Richardson (1995), ambos designados solamente para especies leñosas. En esta prueba de Hawai, los autores determinaron el WRA australiano como el más exacto para todos los tipos de especies (Daehler y Carino, 2000).

Jefferson *et al.* (2004) probó el sistema australiano WRA en especies leñosas en el Jardín Botánico de Chicago, y encontró que el modelo excluía a todas las especies invasoras, pero no era bueno en la clasificación de la capacidad no invasora. Las modificaciones del modelo mejoraron drásticamente la clasificación de esta capacidad, reduciendo el número de falsos negativos del 55% al 15%. Se aceptó alrededor del 40% de la capacidad no invasora y otro 45% necesitó evaluación, basándose en el modelo australiano modificado que se utilizó en el Jardín Botánico de Chicago. Jefferson *et al.* (2004) también probaron una versión más corta del modelo australiano y, con modificaciones adicionales, consideraron que tenía potencial para utilizarse en el ámbito regional como en el nacional. Aunque tiene la ventaja de una tasa baja de exclusión de la capacidad no invasora (5%), y se completó rápidamente, no fue tan exacto en la identificación de

las especies invasoras (65% identificadas correctamente, 10% se clasificaron erróneamente y 25% necesitaron evaluación adicional).

El WRA australiano también fue eficaz en rechazar las especies leñosas invasoras de acuerdo a un estudio realizado por Křivánek y Pyšek (2006), pero lo sobrepasó la modificación hawaiana de éste (véase el H-WRA abajo) en cuanto a la clasificación correcta de especies no invasoras.

En el año 2006 las industrias primarias de Australia y los comités permanentes de manejo de recursos naturales realizaron una revisión del Sistema nacional de evaluación del riesgo de malezas (sistema WRA australiano) para considerar las preocupaciones que plantearon los interesados en cuanto a su operación práctica (NRMSC, 2006). Las preocupaciones principales fueron el rechazo del material vegetal no invasor, el cual presenta un problema para la industria hortícola, y posiblemente, resultados contradictorios. La revisión indicó que el sistema australiano de WRA ha demostrado una solidez y eficacia generales. Sin embargo, podría beneficiarse de mejoras adicionales para que conserve su capacidad de rechazar invasores mientras que aumenta su aceptación de no invasores. Entre las sugerencias que se proporcionaron durante la revisión se incluyen el aumento del número mínimo de preguntas que deben contestarse, excluyendo las que no resulten fáciles de contestar o que sean insignificantes, la creación de un segundo sistema de preselección de malezas para la categoría "evaluación adicional", proporcionar un cálculo de la probabilidad de que las especies se conviertan en malezas en vez de un puntaje, y otros.

En Australia, se propusieron para la introducción 2800 especies de plantas entre 1997 y 2006. Aplicando el WRA australiano, 53% de las especies se aceptaron para importación, 20% necesitaron evaluación adicional y se rechazaron 27% de las especies (Belinda Riddle, Biosecurity Australia, citado en Gordon *et al.*, 2008b). Un análisis conservador, descrito como subvalorar los costos de los daños causados por los invasores y sobreestimar los beneficios de las especies introducidas, sugiere que la implementación del WRA australiano en Australia resultó en daños económicos reducidos en tan solo más de diez años, con hasta un \$1.8 mil millones en ahorros en un período de 50 años (Keller *et al.*, 2007). Igualmente, un estudio realizado por Caley *et al.* (2006) confirmó que los resultados del WRA australiano "parecen ser constantes con un costo elevado previsto de la introducción errónea de una maleza."

*Adaptabilidad a diferentes climas/ecosistemas/hábitos de crecimiento:* el sistema australiano de WRA, aunque se creó para las plantas invasoras de Australia, puede adaptarse para utilizarlo en cualquier región del mundo, incluyendo las zonas templadas, subtropicales y tropicales. Se puede utilizar para plantas de cualquier hábito de crecimiento (por ejemplo, hierbas, arbustos, árboles). Además, proporciona una evaluación de si el taxón tiene posibilidad de convertirse en invasor principalmente en sistemas agrícolas o ambientales o en a ambos.

*Eficacia en función de los costos (facilidad de uso, tiempo necesario):* para contestar las preguntas que figuran en el sistema australiano de WRA es necesario realizar búsquedas en la literatura, flora y bases de datos internacionales. Los cálculos del tiempo necesario para evaluar una sola especie oscila entre las 6 a 24 horas, en promedio (Gordon *et al.*, 2008b). Este período puede acortarse si el importador proporciona la información necesaria para contestar las preguntas o si la especie es bien conocida. La plantilla y el sistema de puntaje son sencillos de utilizar y existen directrices adicionales para ayudar al evaluador a contestar las preguntas (Pheloung, 2005), con mayor orientación que actualmente se encuentra bajo elaboración (Gordon, comentarios personales) que surgieron del Segundo taller internacional sobre evaluación del riesgo de maleza celebrado en Perth, Australia en 2007. Se puede obtener una copia del sistema australiano de WRA en una hoja de cálculo en Microsoft Excel de parte de *Plant Biosecurity Australia* (<http://www.daffa.gov.au/ba/reviews/weeds/system>).

Se consideró prohibitivamente extenso el período de tiempo para completar el WRA australiano para una sola especie para utilizarlo en el Jardín Botánico de Chicago, en donde los viajes de exploración de plantas pueden resultar en >100 taxones que requieren evaluación (Jefferson *et al.*, 2004). Sin embargo, uno a dos días podría ser aceptable para las entidades normativas federales.

*Bases científicas:* las preguntas en el sistema australiano de WRA se seleccionaron basándose en el conocimiento acumulado de las investigaciones ecológicas y de malezas, y se apoyaron con estudios empíricos de plantas invasoras (Daehler *et al.*, 2004). Este enfoque no experimental sintetiza los modelos conceptuales de la capacidad invasora de la planta que se fundamentan en la biología, información bioclimática e historia evolutiva en un procedimiento de preselección (Pheloung, 1999). Se sopesaron las preguntas en forma manual con el fin de maximizar la distinción entre las malezas y las no malezas (Caley y Kuhnert, 2006).

Una de las críticas de este método de preselección es que no es lo suficientemente sólido desde el punto de vista estadístico para identificar las características más importantes o para asignar el peso apropiado a las características. Además, podría ser que no todas las preguntas sean necesarias. Se requieren investigaciones adicionales para determinar cuáles son las preguntas más importantes. Gordon *et al.* (2006), por ejemplo, probaron un sistema australiano de WRA modificado con una segunda preselección (véase el sistema H-WRA, abajo) para especies exóticas en Florida, y encontraron que no pudieron contestar 12 de las 49 preguntas más del 33% de las veces, y que estas preguntas podían eliminarse sin un cambio importante en el resultado. Aunque se han derivado otros sistemas del WRA australiano, ninguno se ha probado tan ampliamente.

*Objetividad:* el sistema australiano de WRA promueve la objetividad proporcionando directrices específicas para contestar las preguntas y enumera las referencias de la encuesta. Las referencias utilizadas para contestar cada pregunta deberían documentarse para los fines de transparencia. Además, el gran número de preguntas disminuyen el peso para cada pregunta, lo cual también sirve para disminuir la subjetividad del evaluador (Biosecurity Australia, 2007). Los resultados resultan menos viables que los generados a través de una opinión de experto (Pheloung *et al.*, 1999), aunque Cousens (en prensa) ha observado que los diferentes usuarios llegan a diferentes puntajes. En general, este método promueve los resultados constantes en diferentes continentes, geografías, hemisferios y especies.

*Capacidad para abordar los vacíos en el conocimiento:* las especies podrán evaluarse utilizando el sistema australiano de WRA incluso cuando no existan respuestas a algunas preguntas. Sin embargo, la confiabilidad de los resultados y posiblemente el puntaje aumenta con el número de preguntas contestadas. Se debe contestar un mínimo de 10 preguntas distribuidas específicamente.

Aunque el sistema se ha probado y modificado ligeramente en otras circunstancias, el modelo subyacente nunca se ha examinado seriamente, y nunca se han comparado las diferentes formulaciones del modelo (por ejemplo, multiplicativo) utilizando la misma información y valores de puntaje. Así mismo, nunca se han realizado pruebas adicionales ni verificado nuevamente los umbrales establecidos inicialmente en el sistema australiano, aunque han sido corroborados de alguna forma realizando pruebas en otras regiones.

### **Sistema de evaluación del riesgo de malezas de Hawai (H-WRA, por su sigla en inglés) (Daehler *et al.*, 2004)**

El sistema de evaluación del riesgo de malezas de Hawai (H-WRA, por su sigla en inglés) es el sistema australiano de WRA modificado que utiliza una preselección secundaria adicional para disminuir el número de especies que requieren evaluación adicional. Se modificaron cuatro de las

49 preguntas del sistema australiano de WRA para hacer referencia al clima y los suelos de las Islas Hawaianas y del Pacífico en vez de los de Australia. La preselección secundaria, la cual se aplica solo a las especies con puntajes entre 1 y 6 (evaluación adicional), consiste en dos árboles de decisiones sencillos basados en un subconjunto de preguntas del sistema H-WRA. Un árbol de decisión se aplica a árboles o arbustos parecidos a árboles, y el segundo se aplica a las hierbas o los tipos de arbustos de baja estatura. El árbol de decisión para los árboles y arbustos parecidos a los árboles contiene tres criterios: 1) tolerante a la sombra o los que se sabe que forman grupos espesos, 2) dispersado por pájaros o claramente por el viento y 3) ciclo de vida < 4 años. El árbol de decisión para hierbas y tipos de arbustos de baja estatura contiene dos criterios: 1) se ha notificado como maleza de tierras cultivadas y 2) de sabor desagradable para pastar o que se sabe que forman grupos espesos. Ambos árboles de decisiones se utilizan para vides (Daehler *et al.*, 2004).

Las ventajas y desventajas del sistema H-WRA son similares a las del modelo australiano. Abajo se discuten las diferencias, debido a la adición de una preselección secundaria.

*Capacidad para distinguir entre malezas y no malezas:* para un grupo de casi 200 especies de plantas introducidas a Hawai y las islas del Pacífico, la adición de la preselección secundaria mejoró el rendimiento del sistema WRA disminuyendo el porcentaje que requiere evaluación adicional de un 24% a un 8%, y aumentando el número de no plagas admitidas de un 66% a un 89%. El costo de estos beneficios fue un aumento en el número de plagas menores admitidas, del 16% al 33%. En ambos casos (con la segunda preselección y sin ella), se rechazó un 95% de las plagas principales.

En general, el sistema H-WRA es muy eficaz para identificar las plagas principales y tiene una tasa menor de indecisión que el sistema australiano de WRA. Al igual que el sistema australiano de WRA, es más probable que rechace a las no invasoras que admita a las invasoras.

*Prueba y validación:* el sistema H-WRA fue validado utilizando casi 200 especies de plantas introducidas a Hawai y otras Islas del Pacífico. Al igual que la validación del sistema australiano de WRA, el sistema H-WRA fue validado comparando sus resultados con la opinión de los expertos (botánicos y científicos de malezas). Los resultados del sistema H-WRA y las encuestas de expertos estuvieron correlacionadas en forma positiva ( $r^2=0.52$ ,  $P<0.001$ ).

Cuando se comparó con el WRA australiano y los modelos de Reichard y Hamilton (1997), el H-WRA funcionó mejor en un grupo de 180 especies leñosas invasoras en la República Checa (Křivánek y Pyšek, 2006). El sistema H-WRA rechazó 100% de las especies invasoras y aceptó un 84% de las especies no invasoras. Cuando se comparó la exactitud general de los tres modelos, los resultados fueron los siguientes: H-WRA (86%), sistema australiano de WRA (68%), Reichard y Hamilton (1997) (62%).

El H-WRA disminuyó el número de especies que requieren evaluación adicional sin disminuir considerablemente la exactitud del pronóstico tanto en las pruebas en las islas Bonin (Kato *et al.*, 2006) como en Florida (Gordon *et al.*, 2008a). Los datos de todas las pruebas fueron revisados por Gordon *et al.* (2008b).

*Adaptabilidad a climas/ecosistemas/hábitos de crecimiento diferentes:* al igual que el sistema australiano de WRA, el sistema H-WRA se adaptaría con facilidad a las distintas regiones del mundo y abordaría las plantas de todos los hábitos de crecimiento. Daehler y Denslow (2007) sugirieron que este modelo sería útil aplicarlo en Canadá.

*Eficacia en función del costo (facilidad de uso, tiempo necesario):* la eficacia en función del costo del sistema H-WRA se compara con la del sistema australiano de WRA. El tiempo necesario para

completar el sistema H-WRA sería insignificamente más largo que el sistema australiano de WRA, debido a que es muy probable que se hubieran encontrado las respuestas a las preguntas de la preselección secundaria cuando se contestaba el primer grupo de 49 preguntas. Daehler *et al.* (2004) plantea que la mayoría de las evaluaciones se completaron entre cinco y ocho horas. Daehler y Denslow (2007) también indicaron que se puede establecer una rutina para completar la evaluación del riesgo, utilizando fuentes previamente definidas para consultar en cada respuesta.

*Bases científicas:* en la preselección secundaria, se crearon dos árboles de decisiones en vez de uno debido a que las tendencias estadísticas indican que las malezas agrícolas tienen más probabilidad de ser hierbas mientras que las malezas de áreas naturales y seminaturales tienen más probabilidad de ser leñosas. La estructura de los árboles de decisiones se basa en la lógica, aunque las preguntas en dichos árboles de decisiones se basan en factores empíricos que se sabe que contribuyen al potencial de convertirse en invasora (Daehler *et al.*, 2004).

*Objetividad y capacidad para abordar la brecha en los conocimientos:* en cuanto a la objetividad y capacidad para abordar la brecha en los conocimientos, el sistema H-WRA sería similar al sistema australiano de WRA.

### **Modelo de Caley y Kuhnert (Caley y Kuhnert, 2006)**

Caley y Kuhnert (2006) crearon un modelo de árbol de decisión óptimo con solo cuatro nodos basado en 44 atributos de plantas introducidas consideradas en el modelo original del sistema australiano de WRA (Caley y Kuhnert, 2006). Los cuatro atributos que se mantuvieron en el modelo del árbol de decisión fueron 1) dispersión intencional de propágulos por humanos, 2) evidencia de naturalización más allá del rango nativo, 3) evidencia de que sea una maleza en otro lugar, y 4) un nivel alto de domesticación. La dispersión intencional de propágulos causada por los seres humanos y la capacidad de naturalizarse fuera de su rango nativo fueron los pronosticadores más contundentes del potencial de convertirse en maleza para el taxón considerado en el estudio. Este modelo no seleccionó los atributos intrínsecos de la planta.

*Capacidad para diferenciar entre las malezas y no malezas:* en este estudio se reunieron las malezas principales y secundarias en una sola categoría. Basado en la validación cruzada del árbol de decisión, se identificó correctamente un 93.6% de las malezas como tales, mientras que solo un 36.7% de no malezas se identificaron correctamente como no malezas.

*Prueba y validación:* el mismo grupo de datos que se utilizó para crear el sistema australiano de WRA, el cual constaba de 370 taxones (286 malezas y 84 no malezas), se utilizó para crear el árbol de decisión. Se utilizó un enfoque de validación cruzada de 10 pliegues para evaluar la capacidad del árbol de decisión con el fin de clasificar los datos nuevos en forma correcta. Así mismo, su rendimiento distintivo en cuanto al rechazo de la mayoría de las malezas mientras que aceptaba simultáneamente a la mayoría de las no malezas se caracterizó utilizando una curva de eficacia diagnóstica (ROC, por su sigla en inglés). Al comparar la curva ROC del árbol de decisión con la del sistema australiano de WRA original, se determinó que el rendimiento del árbol de decisión fue ligeramente inferior.

Gordon *et al.* (2006) se dieron cuenta que el sistema australiano de WRA completo con la preselección secundaria introducida por Daehler *et al.* (2004) era muy superior en la identificación de los invasores en Florida, que el modelo de Caley y Kuhnert (2006) reducido. Cuando se probó en un grupo de 151 especies, la tasa de falsos positivos fue muy alta a un 90%. Aunque este método era exacto para el grupo invasor principal, con todas las 61 especies probadas y pronosticadas como invasoras, resultó en pronósticos elevados de la capacidad invasora en los invasores menores (91% de las 47 especies probadas) y no invasores (88% de las 43 especies probadas).

*Adaptabilidad a diferentes climas/ecosistemas/hábitos de crecimiento:* basándose en la naturaleza de los cuatro atributos que forman el árbol de decisión, este modelo debería ser capaz de adaptarse a cualquier clima, ecosistema o hábito de crecimiento.

*Eficacia en función del costo (facilidad de uso, tiempo necesario):* aunque Caley y Kuhnert (2006) no especificaron el tiempo para completar una sola evaluación, con solo cuatro preguntas, este árbol de decisión es considerablemente más sencillo y rápido de utilizar que el sistema australiano de WRA o el H-WRA.

*Bases científicas:* Se examinaron las 49 preguntas utilizadas en el WRA australiano original y se redujeron a 44 atributos de plantas combinando algunas preguntas (por ejemplo, 3.02 Maleza de jardín/servicio/alteración (*Garden/amenity/disturbance weed*), 3.03 Maleza de agricultura/horticultura/silvicultura (*Weed of agriculture/horticulture/forestry*), y 3.04 Maleza del medio ambiente (*Environmental weed*) pasó a ser una sola pregunta de "maleza en otro lugar", y 7.06 Propágulos dispersados por aves (*Propagules bird dispersed*), 7.07 Propágulos dispersados por otros animales de manera externa (*Propagules dispersed by other animals externally*) y 7.08 Propágulos dispersados por otros animales de manera interna (*Propagules dispersed by other animals internally*) pasó a ser una nueva pregunta "Propágulos dispersados por animales", y eliminando tres preguntas que no hicieron referencia a propiedades intrínsecas de la planta. De estos 44 atributos, se seleccionaron cuatro preguntas utilizando el programa de informática para crear un árbol de decisión que optimizó la clasificación de malezas y no malezas.

*Objetividad:* las mismas directrices elaboradas para contestar las preguntas del sistema australiano de WRA podrían utilizarse para contestar las cuatro preguntas del árbol de decisión de Caley y Kuhnert (2006), promoviendo la objetividad.

*Capacidad para abordar las brechas en el conocimiento:* con solo cuatro nodos en el árbol de decisión, la información que hace falta podría dar lugar a una clasificación errónea de la planta. Sin embargo, no son necesarias las respuestas a las cuatro preguntas. Basándose en el orden de los atributos en el árbol de decisión, es imprescindible saber si es probable que ocurra o no la dispersión intencional del propágulo. De aquí en adelante, y dependiendo del resultado del primer nodo, se deberán contestar ya sea una o dos preguntas adicionales.

## Otros modelos

Hay una cantidad de otros métodos de preselección que se han desarrollado en los últimos años. Estos se describen aquí brevemente, aunque no en detalle puesto que no son posibles candidatos para utilizarse como herramienta de preselección en Norteamérica, por razones tales como su adaptabilidad limitada a las diferentes formas de crecimiento o ecosistemas, poca precisión para identificar las especies invasoras y las no invasoras, o la diferencia en el uso previsto en comparación con herramientas de preselección para las importaciones intencionales de plantas.

Tucker y Richardson (1995) crearon un modelo de un árbol de decisión para preseleccionar plantas leñosas exóticas con el fin de cultivarlas en finbos sudafricanos. Este modelo no se considera con gran detalle aquí debido a su especificidad con especies leñosas y los procesos de invasión en finbos, así como su poco rendimiento para pronosticar las especies invasoras cuando se aplica en otro lugar y cuando se compara con otros modelos que se discutieron, por ejemplo, el sistema australiano de WRA (Daehler y Carino, 2000).

Frapplier y Eckert (2003) elaboraron un modelo para pronosticar si las especies leñosas no nativas se naturalizarían o no en Nuevo Hampshire. Para crear el modelo, se recopilaron de la base de datos USDA PLANTS y de otras fuentes información sobre 42 caracteres de plantas, que

describían la fisiología, morfología, reproducción y requisitos de crecimiento ecofisiológicos de las especies. El carácter "invasor en otro lugar" se dejó resueltamente fuera del análisis. El modelo resultante retuvo 11 caracteres, y produjo una exactitud en clasificación global del 90% (91.4% de las especies naturalizadas se clasificaron correctamente y 88.6% de las especies no naturalizadas). Este estudio proporciona un enfoque útil para pronosticar el éxito de la naturalización de las plantas leñosas introducidas en Nuevo Hampshire, y resalta la importancia de algunos caracteres ecofisiológicos para establecer estos pronósticos. Para los fines de este documento de discusión, el modelo tiene algunas limitaciones importantes que restringen su aplicación en una escala amplia. Primero, el modelo se desarrolló solamente para las especies leñosas. Segundo, pronostica la naturalización en vez de la capacidad invasora. Tercero, la selección de algunos caracteres que no se consideraron importantes en otros estudios relacionados parecen indicar que el modelo puede estar limitado a las condiciones geográficas localizadas. Los autores sugieren que los estudios similares pueden haberse realizado en otros lugares, llevando a una recolección de modelos de pronóstico basados en análisis que podrían utilizarse para una política de preselección, lo cual es un concepto interesante pero más bien difícil de practicar. Una limitación adicional es la dependencia en la base de datos de USDA PLANTS para muchos de los caracteres de las especies. Esta base de datos contiene especies que no son nativas de Estados Unidos o que ya se han introducido a este país y no contendría la información necesaria para la mayoría de las especies propuestas para introducción a Norteamérica.

Weber y Gut (2004) elaboraron un modelo para evaluar el riesgo de especies de plantas que posiblemente fueran invasoras en Europa central. Su método fue creado modificando varios protocolos existentes, incluyendo el WRA australiano, el modelo de Reichard y Hamilton y otros. Ellos incluyeron un paso de preevaluación útil para excluir especies que no se justificaran para el riesgo de evaluación, incluyendo especies ampliamente dispersas, las que ya se consideraban como especies cuarentenarias o bajo control oficial, y aquellas con poca probabilidad de naturalizarse, por razones obvias. Esas especies que pasaron el paso de preevaluación estuvieron sujetas a un programa de evaluación del riesgo que comprendía 12 preguntas sobre las características biológicas de la especie, las preferencias y distribución en el medio ambiente y su historial como maleza en otro lugar. Al igual que con otras evaluaciones, hubo tres resultados posibles: bajo riesgo, riesgo intermedio (se requiere observación adicional) y alto riesgo. La exactitud global del sistema, el cual se probó en una combinación de plantas invasoras conocidas en Europa y plantas exóticas que no han podido establecerse, fue de un 65%. Los autores consideraron este sistema como el primer intento de un protocolo de evaluación del riesgo para Europa central que requiere modificaciones adicionales.

Widrechner *et al.* (2004) probaron el modelo de Reichard y Hamilton en plantas leñosas no nativas en Iowa, y también aplicaron varias modificaciones al modelo que tuvieron éxito en mejorar las tasas de clasificación. Los modelos modificados incluyeron un *Árbol de decisión modificado*, un *Modelo de árbol de decisión/matriz*, y un *Modelo CART nuevo* (árbol de clasificación y regresión). Estos modelos difieren del modelo original de Reichard y Hamilton (1997) en varias formas, incluyendo la estructura del árbol de decisión, la consideración de caracteres adicionales (producción de fruta carnosa y dispersada por pájaros, follaje perenne, valor del riesgo geográfico), el uso de una matriz para clasificar las especies que requieren análisis adicional y la simplificación del árbol de decisión utilizando la división repetitiva de los datos. Las tasas de clasificación de los modelos modificados oscilan entre el 81% y 90%, en comparación a un 65% para el árbol de decisión original. Estos modelos requieren validación externa y su desarrollo se limitó a especies leñosas.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) produjo en 2005 un informe titulado *Procedures for weed risk assessment* (Procedimientos para evaluación del riesgo de malezas), basado en una reunión técnica llevada a cabo en Madrid, 2002, a la cual asistieron especialistas en malezas provenientes de diferentes países. El documento presenta un

sistema de evaluación del riesgo de malezas "para uso de los países con acceso limitado a la información o recursos para llevar a cabo evaluaciones del riesgo de malezas". El sistema incluye principios internacionales (CIPF) de evaluación del riesgo de malezas y un procedimiento de puntaje para los factores de riesgo que pueden considerarse como una versión simplificada del WRA australiano.

Por último, Parker *et al.* (2007) describen un modelo, el modelo de clasificación de malezas de EE.UU., para clasificar especies no nativas de acuerdo con su potencial invasor en Estados Unidos. La finalidad de esta herramienta fue priorizar las especies para realizar una evaluación del riesgo de malezas de tal forma que se puedan considerar para incluirlas en la lista como Malezas nocivas federales. Es un sistema de puntaje que se basa en otros sistemas de WRA (por ejemplo, el sistema australiano de WRA) y la información sobre la capacidad invasora de la planta proveniente de la literatura. Existen cuatro elementos en el modelo: potencial de entrada, potencial de invasión, potencial geográfico y potencial de causar daño. Se consideraron un total de 33 factores, y se asignaron puntos según la respuesta. Un puntaje de clasificación final, *R*, es el producto de los cuatro elementos. El elemento del potencial de invasión tiene el mayor efecto en la clasificación final. Los resultados eran similares a los del sistema H-WRA. Este modelo no se considera en gran detalle aquí debido a la diferencia en su propósito, el cual es clasificar las especies para considerarlas como malezas nocivas federales en Estados Unidos, en vez de preseleccionar plantas para importación. Además, hay un componente de potencial de entrada que daría el mismo resultado para todas las especies previstas para la importación.

### **Recomendaciones para las directrices de la NAPPO**

Las directrices deberían ser una norma independiente dentro de la NAPPO, pero prevemos que directrices similares eventualmente formarán parte de un anexo de la NIMF n.º 11. Estas directrices proporcionarían orientación a las ONPFs sobre la forma de determinar si una planta prevista para ser desplazada hacia un área en donde aún no está presente constituye una plaga y si debe o no reglamentarse como plaga cuarentenaria. Estas directrices abordarán la preselección de las plantas previstas para la importación intencional y no las malezas introducidas accidentalmente con otros productos.

La finalidad de la preselección debería ser llegar a una decisión sobre la aceptabilidad de una planta particular basándose en su propio riesgo potencial de plaga. Los resultados serían aceptar la planta, rechazar la planta o evaluar la planta aún más. Los resultados de aceptar o evaluar aún más pueden llevar a realizar una evaluación separada de la planta para ver su potencial de ser hospedante de otras plagas de plantas.

El proceso de preselección debería permitir a la ONPF tomar una decisión a pesar de los aspectos desconocidos, con el entendimiento de que la exactitud del resultado mejorará con menos aspectos desconocidos. Deberían documentarse las áreas de incertidumbre.

Las directrices deberían permitir que la evaluación culmine en ciertos puntos limitantes que determinen si la planta sujeto no cumple con la definición de plaga cuarentenaria. La ONPF debería incluir las razones para los puntos limitantes, si los utiliza.

Estas directrices deberían reconocer que las herramientas de pronóstico de la capacidad invasora varían en complejidad desde una muy simple (a saber, determinando el nombre aceptado, la distribución y evidencia de que la especie es invasora en otro lugar), hasta la más compleja (por ejemplo, el método australiano de WRA combinado con una preselección secundaria y un modelo espacial). Las directrices no deberían prescribir un método o formato particular.



Debido a que el proceso de preselección ha de utilizarse en las solicitudes iniciales para importar un taxón particular para plantar, la ONPF puede suponer que la probabilidad de introducción es alta.

En general, todos los tipos de parámetros deberían considerarse en conjunto para una herramienta de preselección: biológica, ambiental (por ejemplo, modelado climático y espacial) e historial de la capacidad invasora e impactos relacionados.

Los parámetros que se incluyen en la herramienta de preselección pueden seleccionarse basándose en la opinión de expertos y/o el tipo de análisis multivariado (por ejemplo, análisis distintivo, análisis en grupo, análisis de componentes principales, etc.)

Las directrices de la NAPPO para la preselección de la capacidad invasora deberían estipular de que la ONPF debería probar y calibrar las herramientas de preselección con puntos numéricos limitantes, los cuales incluirían realizar pruebas a la herramienta en comparación con las especies de plantas que se sepa que son invasoras y que se sepa que no son invasoras en el país.

## Referencias

Baker, H. G. 1965. Characteristics and modes of origins of weeds. Páginas 147-172 en H. G. Baker and G. L. Stebbins, eds. *The Genetics of Colonizing Species*. Academic Press, Nueva York, NY.

Baker, H. G. 1974. The evolution of weeds. *Annual Review of Ecology & Systematics* 5:1-24.

Bellingham, P. J., Duncan, R. P., Lee W. G., y Buxton, R. P. 2004. Seedling growth rate and survival do not predict invasiveness in naturalized woody plants in New Zealand. *OIKOS* 106: 308-316.

Biosecurity Australia. 2007. Development of the Weed Risk Assessment System. Commonwealth of Australia. [En línea] Disponible en: <http://www.daffa.gov.au/ba/reviews/weeds/development>. (Accesado el 7 de agosto de 2007).

Bossdorf, O., Auge, H., Lafuma, L., Rogers, W.E., Siemann, E., y Prati, D. 2005. Phenotypic and genetic differentiation between native and introduced plant populations. *Oecologia* 144: 1-11.

Bradshaw, A. D. 2006. Unraveling phenotypic plasticity -- Why should we bother?. *New Phytologist* 4: 644-648.

Brock, M.T. y Galen, C. 2005. Drought tolerance in the alpine dandelion, *Taraxacum ceratophorum* (Asteraceae) its exotic congener *T. officinale*, and interspecific hybrids under natural and experimental conditions. *American Journal of Botany*. 94:526 - 532.

Brock, M.T. Weinig, C. y Galen, C. 2005. A comparison of phenotypic plasticity in the native dandelion *Taraxacum ceratophorum* and its invasive congener *T. officinale*. *New Phytologist* 166: 173-183.

Burns, J. H. 2004. A comparison of invasive and non-invasive dayflowers (Commelinaceae) across experimental nutrient and water gradients. *Diversity and Distributions* 10: 387-397.

Caley, P. y Kuhnert, P. M., 2006. Application and evaluation of classification trees for screening unwanted plants. *Austral Ecology* 31: 647-655.

Caley, P., Lonsdale, W.M. y Pheloung, P.C. 2006. Quantifying uncertainty in predictions of invasiveness, with emphasis on weed risk assessment. *Biological Invasions* 8: 1595-1604.

Chun, Y.J., Collyer, M.L., Moloney, K.A. y Nason, J.D. 2007. Phenotypic plasticity of native vs. invasive purple loosestrife: a two-state multivariate approach. *Ecology* 88: 1499-1512.

Clements, D.R., DiTommaso, A., Jordan, N., Booth, B.D., Cardina, J., Doohan, D., Mohler, C.L., Murphy, S.D. y Swanton, C.J. 2004. Adaptability of plants invading North American cropland. *Agriculture Ecosystems & Environment* 104: 379-398.

Clevering, O.A., Brix, H. y Lukavska, J. 2001. Geographic variation in growth responses in *Phragmites australis*. *Aquatic Botany* 69: 89-108.

Cousens, R. en prensa. Risk assessment of potential biofuel species: An application for trait-based models for predicting weediness? *Weed Science*.

Crosti, R. Cascone, C. y Testa, W. 2007. Towards a weed risk assessment for the Italian peninsula: Preliminary validation of a scheme for the central Mediterranean region in Italy. Páginas 53-54 en D. Rokich, G. Wardell-Johnson, C. Yates, J. Stevens, K. Dixon, R. McLellan, y G. Moss, eds. *Actas de la XI Conferencia de MEDECOS*, 2 al 5 de septiembre de 2007, Perth, Australia.

Daehler, C. C. y Carino, D. A., 2000. Predicting invasive plants: prospects for a general screening system based on current regional models. *Biological Invasions* 2: 92-103.

Daehler, C. C. y Denslow, J. S. 2007. The Australian weed risk assessment system: Does it work in Hawai'i? Would it work in Canada? Páginas 9-24 en D. R. Clements y S. J. Darbyshire, eds. *Invasive plants: Inventories, strategies and action. Topics in Canadian weed science. Vol. 5.* Canadian Weed Science Society, Sainte Anne de Bellevue, Quebec.

Daehler, C., Denslow, J. S., Ansari, S. y Kuo, H., 2004. A Risk-Assessment System for Screening Out Invasive Pest Plants from Hawaii and Other Pacific Islands. *Conservation Biology* 18(2): 360-368.

Davis, M. C. 2006. Invasion biology 1958 -2005: the pursuit of science and conservation. Pages 35-64 en M. W. Cadotte, S. M. McMahon y T. Fukami, eds. *Conceptual ecology and invasion biology.* Springer Science + Business Media, England.

Davis, A.J., Lawton, J.H., Shorrocks, B. y Jenkinson, L.S. 1998. Individualistic species responses invalidate simple physiological models of community dynamics under global change scenarios. *Journal of Animal Ecology* 67: 600-612.

Durand, L.Z. y Goldstein, G. 2001. Photosynthesis, photoinhibition, and nitrogen use efficiency in native and invasive tree ferns in Hawaii. *Oecologia* 126: 345-354.

Ewe, S. M. L. y da Silveira Lobo Sternberg, L. 2005. Growth and gas exchange responses of Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolius*) and native South Florida species to salinity. *Trees* 19: 119-128.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2005. Procedures for weed risk assessment. Plant Production and Protection Division, Roma. [En línea] Disponible en: <http://www.fao.org/documents/index.asp?lang=en> (Accesado 10 de octubre de 2007).

Ficetola, G.F., Thuiller, W., y Miaud, C. 2007. Prediction and validation of the potential global distribution of problematic alien invasive species- the American bullfrog. *Diversity and Distributions* 13: 476-485.

Finnoff, D., Jason, F., Leung, B., y Lodge, D. 2007. Take a risk: Preferring prevention over control of biological invaders. *Ecol. Econ.* 62: 216-222.

Fraidenburg, M. (ed.) 2002. Proceedings of the Invasive Species Screening Workshop -- Minimizing risk / Maximizing use, Las Vegas, NV, 8 y 9 de enero de 2002. [En línea] Disponible en: <http://www.fws.gov/answest/screening.pdf> (Accesado 20 de octubre de 2008).

Frappier, B. y Eckert, R. T. 2003. Utilizing the USDA PLANTS database to predict exotic woody plant invasiveness in New Hampshire. *Forest Ecology and Management* 185: 207-215.

Funk, J.L. y Vitousek, P.M. 2007. Resource-use efficiency and plant invasions in low-resource systems. *Nature* 446: 1079-1081.

García-Serrano, H., Escarre, J., Garnier, E., y Sans, F. X. 2005. A comparative growth analysis between alien invader and native *Senecio* species with distinct distribution ranges. *EcoScience* 1: 35-43.

Gordon, D. R., Fox, A. M. y Stocker, R. K., 2006. Testing a predictive screening tool for reducing introduction of invasive plants to Florida. Informe final para: USDA APHIS-PPQ. University of Florida, Gainesville, Florida.

Gordon, D. R., Onderdonk, D. A., Fox, A. M., Stocker, R. K. y Gantz, C. 2008a. Predicting invasive plants in Florida using the Australian Weed Risk Assessment. *Invasive Plant Science and Management* 1: 178-195.

Gordon, D. R., Onderdonk, D. A., Fox, A. M. y Stocker, R. K. 2008b. Consistent accuracy of the Australian Weed Risk Assessment system across varied geographies. *Diversity and Distributions* 14: 234-242.

Grotkopp, E. y Rejmanek, M. 2007. High seedling relative growth rate and specific leaf area are traits of invasive plants: phylogenetically independent contrasts of woody angiosperms. *American Journal of Botany*. 94:526 -- 532.

Hansen, D.L., Lambertini, C., Jampeetong, A. y Brix, H. 2007. Clone-specific differences in *Phragmites australis*: Effects of ploidy level and geographic origin. *Aquatic Botany* 86: 269-279.

Hazard, W. H. L., 1988. Introducing crop, pasture and ornamental species into Australia -- the risk of introducing new weeds. *Australian Plant Introduction Review* 19: 19-36.

Jefferson, L., Havens, K. y Ault, J., 2004. Implementing invasive screening procedures: The Chicago Botanic Garden Model. *Weed Technology* 18: 1434-1440.

Kato, H., Hata, K., Yamamoto, H. y Yoshioka, T. 2006. Effectiveness of the weed risk assessment system for the Bonin Islands. Pages 65-72 en F. Koike, M. N. Clout, M. Kawamichi, M. De Poorter, y K. Iwatsuki, eds. *Assessment and control of biological invasion risk*. Kyoto, Japan and IUCN, Gland, Switzerland: Shoukadoh Book Sellers.

Keller, R. P., Lodge, D. M. y Finnoff, D. C. 2007. Risk assessment for invasive species produces net bioeconomic benefits. *Proceedings of the National Academy of Science (USA)* 104(1): 203-207.

Křivánek, M. y Pyšek, P. 2006. Predicting invasions by woody species in a temperate zone: a test of three risk assessment schemes in the Czech Republic (Central Europe). *Diversity and Distributions* 12: 319-327.

Mack, R. N. 1996. Biotic barriers to plant naturalization. Páginas 39-46 en V. C. Moran y J. H. Hoffman, eds. *Proceedings of the IX International Symposium on Biological Control of Weeds*. Stellenbosch, Sudáfrica.

Mack, R.N., Simberloff, D., Lonsdale, W.M., Evans, H., Clout, M. y Bazzaz, F.A. 2000. Biotic invasions: Causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications* 10: 689-710.

Magarey, R.D., Fower, G.A., Borchet, D.M., Sutton, T.B., Colunga-García, M. y Simpson, J.A. 2007. NAPPFAST: An internet system for the weather-based mapping of plant pathogens. *Plant Disease* 91: 335-345.

McGraw-Hill 2003. *McGraw-Hill Dictionary of Scientific and Technical Terms*, 6ª edición. McGraw-Hill, New York, Chicago, San Francisco.

Merriam-Webster 2008. Merriam-Webster Online Dictionary. [En línea] Disponible en: <http://www.merriam-webster.com/dictionary/fynbos>. (Accesado el 22 de octubre de 2008).

National Research Council (NRC). *Predicting invasions of Nonindigenous Plants and Plant Pests*. National Academy Press, Washington, D.C.

Niinemets, U., Valladares, F. y Ceulemans, R., 2003. Leaf-level phenotypic variability and plasticity of invasive *Rhododendron ponticum* and non-invasive *Ilex aquifolium* co-occurring at two contrasting European sites. *Plant, Cell and Environment* 26: 941-956.

Nishida, T., Yamashita, N., Asai, M., Kurokawa, S., Enomoto, T., Pheloung, P., y Groves, R. 2008. Developing a pre-entry weed risk assessment system for use in Japan. *Biological Invasions*. Publicado en línea 23 de agosto de 2008.

NRMSC (National Resource Management Standing Committee), 2006. Review of the National Weed Risk Assessment System. Conducted by the NWRAS Review Group -- A Joint Natural Resource Management Standing Committee -- Primary Industries Standing Committee Subcommittee. Canberra, Australia, 2 de agosto de 2006. [En línea] Disponible en: [http://www.weeds.org.au/docs/Review\\_of\\_the\\_National\\_Weed\\_Risk\\_Assessmt\\_System\\_2005.pdf](http://www.weeds.org.au/docs/Review_of_the_National_Weed_Risk_Assessmt_System_2005.pdf). (Accesado 7 de agosto de 2007)

Panetta, F. D. 1993. A system of assessing proposed plant introductions for weed potential. *Plant Protection Quarterly* 8: 10-14.

Parker, C., Caton, B. P. y Fowler, L., 2007. Ranking nonindigenous weed species by their potential to invade the United States. *Weed Science* 55: 386-397.

Pearson, R.G., Raxworthy, C.J., Nakamura, M. y Peterson, A.T. 2007. Predicting species distribution from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34: 102-117.

Pérez, J.E., Nirchio, M., Alfonsi, C. y Muñoz, C. 2006. The biology of invasions: the genetic adaption paradox. *Biological Invasions* 8: 1115-1121.

Pheloung, P., Williams, P. A. y Halloy, S. R., 1999. A weed risk assessment model for use as a biosecurity tool evaluation plant introductions. *Journal of Environmental Management* 44: 309-338.

Pheloung, P., 2005. Use of the weed risk assessment tool in Australia's approach to pest risk analysis. Páginas 115-116 *en* Secretaría de la CIPF, eds. *Identification of risks and management of invasive alien species using the IPPC framework*. Actas del taller sobre especies invasoras exóticas y la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria, Braunschweig, Alemania, 22 al 26 de septiembre de 2003. Roma, Italia.

Pysek, P. y Richardson, D. M. 2007. Traits associated with invasiveness in alien plants: where do we stand? Pages 97-125 *en* W. Nentwig, ed. *Biological invasions*. Springer-Verlag, Berlin.

Rapoport, E. H. 1991. Tropical versus temperate weeds: A glance into the present and future. Páginas 441-451 en: P.S. Ramakrishman (ed.), Ecology of biological invasion in the tropics. International Scientific Publications, Nueva Delhi.

Reichard, S. H. y Hamilton, C. W., 1997. Predicting invasions of woody plants introduced into North America. Conservation Biology 11: 193-203.

Rejmanek, M. y Richardson, D. M. 1996. What attributes make some plant species more invasive? Ecology 77: 1655-1661.

Richards, E. J. 2006. Inherited epigenetic variation - revisiting soft inheritance. Nat. Rev. Genet. 7: 395-401.

Saltonstall, K. 2002. Cryptic invasion by a non-native genotype of the common reed, *Phragmites australis*, into North America. Actas de la National Academy of Science (USA) 99: 2445-2449.

Sultan, S. 2003. Phenotypic plasticity in plants: a case study in ecological development. Evolution & Development 5: 25-33.

Sutherst, R.W., Maywald, W., Yonow, T. y Stevens, P.M. 1999. CLIMEX: Predicting the effects of climate on plants and animals. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia.

Thuiller, W., Richardson, D. M., Pyšek, P., Midgley, G. F., Hughes, G. O. y Rouget, M. 2005. Niche-based modeling as a tool for predicting the risk of alien plant invasions at a global scale. Global Change Biology 11: 2234-2250.

Tucker, K. C. y Richardson, D. M., 1995. An expert system for screening potentially invasive alien plants in South African fynbos. Journal of Environmental Management 44: 309-338.

Valladares, F., Sánchez-Gómez, D. and Zavala, M.A. 2006. Quantitative estimation of phenotypic plasticity: Bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. Journal of Ecology 94: 1103-1116.

Ward, S. M., Gaskin, J. F., y Wilson, L. M. 2008. Ecological genetics of plant invasion: What do we know? Invasive Plant Science and Management 1: 98-109.

Weber, E. y Gut, D. 2004. Assessing the risk of potentially invasive plant species in central Europe. Journal for Nature Conservation 12: 171-179.

Widrechner, M. P., Thompson, J. R., Iles, J. K. y Dixon, P. M. 2004. Models for predicting the risk of naturalization of non-native woody plants in Iowa. Journal of Environmental Horticulture 22: 23-31.

Wilson, S. B., Wilson P. C. y Albano J. A. 2004. Growth and development of the native *Ruellia caroliniensis* and invasive *Ruellia tweediana*. HortSci. 5: 1015-1019.

Williams, P.A., Wilton, A. y Spencer, N. 2002. A proposed conservation weed risk assessment system for the New Zealand border. New Zealand Department of Conservation, Wellington, Nueva Zelanda. 46 p.

Williamson, M. 1999. Invasions. Ecography 22: 5-12.

Xiong, D., WanHui, Y., HuiLing, F., QiHe, Y., HongLing, C., KaiYang, X. y Yun, Z., 2004. Gas exchange characteristics of the invasive species *Mikania micrantha* and its indigenous cogener *M. cordata* (Asteraceae) in South China. Botanical Bulletin of Academia Sinica. 45:213-220.

## **Contribuyentes**

Karen Castro, Canadá

Cory Lindgren Canadá

Claire Wilson, Canadá

Polly Lehtonen, EE.UU.

Craig Ramsey, EE.UU.

Alejandra Elizalde, México