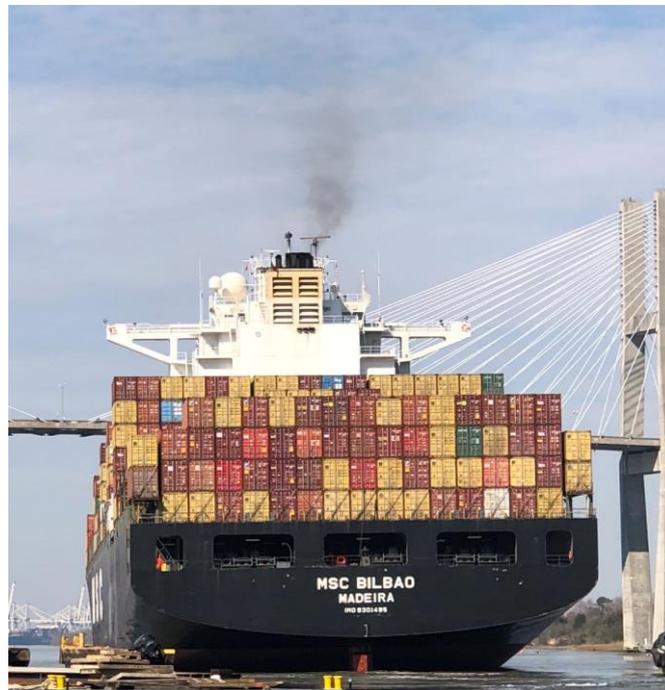


Actas

Simposio Internacional de Muestreo Fundamentado en el Riesgo

Baltimore, Maryland
26-30 de junio de 2017



NAPPO
North American Plant Protection Organization
Organización Norteamericana de Protección a las Plantas
MEXICO - USA - CANADA



Índice

Griffin - Introducción al Simposio Internacional de Muestreo fundamentado en el Riesgo	6
Perspectiva histórica	6
Conceptos fundamentales	8
1. Mientras más se busca, más se encuentra	8
2. No todas las plagas son igualmente detectables.....	8
3. No todas las plagas son igualmente riesgosas.....	8
4. La inspección usualmente no es del 100%.....	8
5. La inspección no es 100% eficaz.	8
Fugas y estadísticas.....	8
La inspección reajustada.....	10
Ransom – Experiencia de Australia con el muestreo fundamentado en el riesgo	12
Resumen	12
Introducción.....	12
Muestreo fundamentado en el riesgo	13
Vías manejadas	15
Régimen de inspecciones basadas en el cumplimiento (CBIS)	16
Referencias.....	18
Katsar <i>et al.</i> – Muestreo fundamentado en el riesgo: La perspectiva de la ONPF (USDA-APHIS-PPQ) de los Estados Unidos	19
Resumen.....	19
Disponibilidad y calidad de los datos.....	19
Muestreo y calculador del tamaño de la muestra.....	20
Análisis estadístico y categorización de riesgos.....	21
Desafíos operacionales y marco de aplicación	22
Conclusión	22
Cazier-Mosley – Comprobación del estatus – Estaciones de inspección de plantas en los Estados Unidos	24
Resumen.....	24
Historia del “muestreo fundamentado en el riesgo” en las estaciones de inspección de plantas de PPQ.....	24
Plan estratégico de las estaciones de inspección de plantas.....	25
Expansión a las estaciones de inspección de plantas de PPQ.....	25
Terminología:	26
Herramienta de muestreo:.....	26
Confrontación con la realidad: El MFR en el mundo real	26

Uniformizar, mezclar y entremezclar	26
“Uniformizar” – El envío uniforme	27
“Mezclar” – El envío mezclado	29
“Entremezclar” – El envío entremezclado.....	31
Claves para la implementación exitosa	31
Fuerza laboral.....	31
Industria	32
Hechos sobre los datos.....	32
Visión para el futuro.....	32
Ormsby – Adelantos internacionales en la determinación de niveles de intervención en las vías de riesgo.....	33
Resumen	33
Antecedentes.....	33
Adelantos en el manejo de sistemas	34
<i>Supuesto 1: La tasa de detección por inspección es del 100%</i>	34
<i>Supuesto 2: Las infestaciones de plagas solo se reducen con medidas fitosanitarias</i>	35
Mejorar la versatilidad de las medidas fitosanitarias en toda la cadena de suministro	36
Uso de métodos estadísticos de muestreo.....	37
Conclusiones	37
Referencias.....	38
Dikin – Perspectivas sobre el muestreo fundamentado en el riesgo que surgen del taller sobre muestreo en Indonesia	39
Antecedentes.....	39
Aplicación y restricciones del muestreo	39
Armonización del Acuerdo sobre Facilitación del Comercio de la OMC con los principios fitosanitarios.....	41
Conclusiones	41
Referencias.....	42
Lee – Muestreo fundamentado en el riesgo – Una opinión del sector hortícola canadiense.....	43
Inspecciones actuales en la horticultura: exportaciones e importaciones.....	43
Programa de análisis de la podredumbre anular bacteriana (<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>sepedonicus</i>) en semillas de papa.....	43
Perspectivas desde otras organizaciones	45
Epanchin-Niell y Liebhold – Fundamento de las estrategias económicamente eficaces para reducir el riesgo de plagas presentado por importaciones de plantas vivas.....	46
Resumen	46
Agradecimientos	50

Referencias.....	51
Springborn <i>et al.</i> – Inspección fundamentada en el riesgo: fijación de parámetros normativos para usar su influencia en la aplicación	52
Reseña de los procedimientos de inspección	52
Modelización de la inspección fundamentada en el riesgo.....	53
Beneficios y diseño de una política de IFR.....	54
Discusión	56
Referencias.....	56
Caton – Desafíos de análisis y datos asociados con los programas de muestreo fundamentado en el riesgo.....	57
Introducción.....	57
Temas comunes a todos los programas de inspección.....	57
<i>Tasas de riesgo relativo</i>	57
<i>Tasa de acción</i>	57
<i>Tasa de infestación</i>	58
<i>Eficiencia de la inspección</i>	58
Temas específicos de las fases de implementación y tipos de planes de MFR	59
<i>Fase previa a la implementación</i>	59
<i>Fase posterior a la implementación</i>	63
Conclusiones	64
Referencias.....	65
Church et al. – Un enfoque a la inspección fitosanitaria con muestreo fundamentado en el riesgo ..	67
Resumen	67
Referencias.....	68
Hester et al. - ¿Qué hay de las propiedades para incentivar que tienen las reglas de inspección de bioseguridad?.....	69
Enlaces pertinentes.....	70
Ramírez Guzmán – Modelo fitosanitario predictivo para plagas cuarentenarias	71
Métodos estadísticos para estimar el riesgo cuarentenario	71
Métodos de muestreo	73
Medición de las mejoras	73
Resultados.....	73
Ejemplos de los métodos de muestreo	75
Conclusiones	76
Referencias.....	76
Chunhua – Metodologías de cuarentena vegetal para el muestreo utilizadas por la ONPF de China .	80
García-Figuera y McRoberts – Mapeo cognitivo.....	81

Mapa cognitivo difuso original de adopción del muestreo fundamentado en el riesgo.....	81
Segunda versión del mapa cognitivo difuso de la adopción del MFR	84
Tercera versión del mapa cognitivo difuso de la adopción del MFR	86
Conclusiones	91
Referencias.....	92
Apéndice 1 Glosario de siglas.....	93
Apéndice 2 Glosario de términos.....	95

Griffin - Introducción al Simposio Internacional de Muestreo fundamentado en el Riesgo

Robert L. Griffin

Coordinador Nacional de Inspección de Cuarentena Agrícola
USDA, APHIS, PPQ

Todos los días, el destino de centenares de envíos en los puertos alrededor del mundo se decide en base a los resultados de una inspección. Ya sea para aprobar la entrada de importaciones o para certificar exportaciones, la inspección es la medida fitosanitaria más comúnmente utilizada en el mundo. Ha sido una estrategia fundamental para detectar plagas y determinar el cumplimiento con los requisitos fitosanitarios durante más de un siglo. El uso de la inspección con el fin de aprobar un envío también es una actividad primaria para verificar que se cumplan los requisitos no fitosanitarios de importación y exportación. En un contexto más contemporáneo, la inspección también es una medida fitosanitaria que exige un conocimiento más profundo de su fundamento conceptual y su aplicación en el contexto del Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (el Acuerdo MSF) de la Organización Mundial del Comercio.

La Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) se identifica en el Acuerdo MSF como la organización mundial que establece las normas para las medidas fitosanitarias. La CIPF adoptó la norma internacional para medidas fitosanitarias (NIMF) 23 (*Directrices para la inspección*) en 2005. Esta vino seguida de la adopción de la NIMF 31 (*Metodologías para muestreo de envíos*) en 2008. Estas normas identifican a la inspección como un procedimiento de manejo de riesgos y señalan la necesidad de que la inspección esté técnicamente justificada y aplicada equitativamente de la misma forma que otras medidas fitosanitarias. Las normas (NIMF 23 y 31) reconocen que diferentes diseños y métodos de inspección producirán resultados diferentes que pueden afectar sustancialmente el comercio y la política comercial. La implementación adecuada de las NIMF exige un conocimiento común de las consecuencias conceptuales, operacionales y normativas que tienen los diferentes diseños de inspección y su relación con los principios del comercio seguro.

Australia, Nueva Zelanda y los Estados Unidos han empezado a modificar sus procedimientos de inspección hacia diseños con base estadística que son consistentes con los principios del Acuerdo MSF y la orientación proporcionada por las NIMF 23 y 31. Otros países tienen planes similares o están considerando estrategias que avancen en la misma dirección. Compartir opiniones y experiencias ayuda a comprender mejor el fundamento conceptual, los desafíos operacionales y normativos y las respuestas a las percepciones de inspectores y partes interesadas.

El Simposio Internacional de Muestreo fundamentado en el Riesgo (MFR) se concibió como un foro para compartir conocimientos, pericia, necesidades y experiencia. Fue destinado para fomentar la colaboración, impulsar la armonización y facilitar la implementación. El objetivo final del simposio fue apoyar la evolución de la comunidad fitosanitaria hacia programas de inspección más eficientes y eficaces que sean congruentes con el marco normativo internacional.

Perspectiva histórica

A finales del siglo XIX y principios del siglo XX, de manera general se llegó a tomar conciencia de la necesidad de la cuarentena vegetal. Antes de esta época, se creía extensamente que la introducción de plantas y animales en nuevos ambientes era vital para promover la prosperidad. El asunto llegó a un momento decisivo en los Estados Unidos en 1910, cuando Japón hizo un regalo diplomático a los Estados Unidos consistente en centenares de grandes árboles de cerezos en flor. Los árboles fueron inspeccionados por los científicos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), quienes los encontraron muy infestados de plagas dañinas. Después que los científicos del USDA lo

convencieron, el entonces presidente Taft autorizó que los árboles fueran quemados en el Capitol Mall de Washington, D.C. El incidente provocó una situación diplomática embarazosa para ambos países y fue un momento decisivo en la política estadounidense. Un posterior embarque de árboles procedentes de Japón fue inspeccionado por el USDA y se encontró que estaban suficientemente limpios como para plantarlos alrededor de la ensenada de control de mareas de Washington, D.C. Los árboles de cerezo prosperaron y han sido durante más de un siglo un atractivo nacional; pero el incidente marcó un punto de inflexión, cuyo resultado fue que los EE.UU. se unieran a otros socios comerciales importantes en la elaboración de legislación para establecer la autoridad nacional para inspecciones fronterizas, con el objetivo de controlar la entrada de plantas, productos vegetales y otros artículos que pudieran propiciar la introducción de plagas perjudiciales.

El establecimiento de una autoridad legal fue el requisito previo para crear las instituciones, desarrollar la fuerza laboral y diseñar los procedimientos para cumplir con la cuarentena vegetal. Entre estas, la más importante fue establecer regímenes de inspección en la frontera, reconocida desde tiempos bíblicos como el punto de control para la cuarentena. El mantra fronterizo de “sujeto a inspección” dejaba universalmente claro que las autoridades podían ejercer procedimientos fronterizos que tenían la posibilidad de cambiar la condición de entrada de un envío. El hecho de que existiera esta autoridad y que pudiera presentar obstáculos al comercio se convirtió en una motivación parcial para que los expedidores estuvieran al tanto de los requisitos de la cuarentena vegetal y tuvieran cuidado con la contaminación de plagas. Este “efecto disuasivo” siempre ha sido uno de los efectos más significativos de la inspección, ya sea que se lleve o no a cabo la inspección o que se detecte alguna plaga en el proceso.

Originalmente, la presencia de cualquier plaga asociada con el movimiento de envíos transfronterizos era causa probable para rechazar, tratar o destruir el envío. Con el tiempo, se reconoció que era injusto tomar tales medidas para las plagas presentes tanto en los países exportadores como en los importadores y entonces el foco de atención se trasladó a las plagas cuarentenarias. Surgió un entendimiento común de este concepto cuando la CIPF entró en vigencia en 1952 y elaboró definiciones para “plagas cuarentenarias” y para el proceso de certificación. Por eso, el primer cambio significativo en el concepto de inspección consistió en focalizarse en la presencia de plagas cuarentenarias como justificación para tomar medidas. Esto representó las primeras etapas de armonización internacional y el inicio de un amorío perdurable con la terminología en la CIPF.

En el período transcurrido entre la fecha de entrada en vigencia de la CIPF en 1952 y el momento en que entró en vigencia el Acuerdo MSF en 1994, el determinante primario de la inspección era la detección de plagas cuarentenarias. Los procedimientos de inspección variaban enormemente; pero la detección de una plaga cuarentenaria bajo cualquier régimen de inspección solía considerarse justificación suficiente para tomar medidas reglamentarias, independientemente del diseño de inspección utilizado. La lógica predominante consistía en brindar protección mediante la exclusión de plagas, usando la inspección fronteriza como herramienta primaria para garantizar el cumplimiento. Esta llegó a ser la estrategia central de control fitosanitario en las fronteras seguida por toda organización nacional de protección fitosanitaria (ONPF) del mundo y así continúa hoy día.

El Acuerdo MSF cambió sustancialmente el panorama de la reglamentación al hacer hincapié en el manejo del riesgo y la justificación técnica de las medidas fitosanitarias. Al ser la medida fitosanitaria más común y de más extensa aplicación, la inspección se identifica fácilmente como un área clave para ser replanteada en el contexto de los principios y obligaciones de las MSF. Específicamente, el Acuerdo MSF anticipa que la inspección se aplique de manera consistente en situaciones similares, con base en el riesgo, y que se implemente según las normas internacionales pertinentes. Estos antecedentes abogan por la armonización de los criterios para utilizar la inspección, así como la

armonización de su diseño y aplicación práctica. Las NIMF 23 y 31 sirven como punto de partida para este cambio. El presente simposio procura facilitar el proceso.

Conceptos fundamentales

Desde el principio, se debe reconocer y comprender la importancia de varias características básicas de la inspección¹:

1. **Mientras más se busca, más se encuentra.** Esta observación aparentemente obvia nos recuerda que nuestra capacidad para detectar plagas es, en parte, función del esfuerzo. También nos indica que las medidas que tomamos en el comercio, fundamentadas en la inspección, varían según la frecuencia y la intensidad de la inspección. Por lo tanto, el diseño de la inspección y sobre todo su intensidad constituyen una variable clave que afecta la tasa de detección y, por lo tanto, la tasa de medidas reglamentarias tomadas contra los envíos.
2. **No todas las plagas son igualmente detectables.** Las plagas móviles y de tamaño grande son más fáciles de detectar que las plagas diminutas y sedentarias, y algunas plagas (tales como los patógenos) pueden detectarse sin pruebas de laboratorio. La inspección no debe ser la medida fitosanitaria primaria para las plagas de alto riesgo y/o que sean difíciles de detectar.
3. **No todas las plagas son igualmente riesgosas.** El riesgo se relaciona con la capacidad de la plaga para establecerse mediante la vía en cuestión y el impacto que causa al establecerse. Algunas plagas y vías son de mayor riesgo que otras. La interceptación de una plaga en una vía es evidencia de la asociación plaga-vía; pero no del verdadero riesgo de la plaga. Por ejemplo, los productos irradiados bien pueden tener plagas vivas, pero la incapacidad de las plagas irradiadas para reproducirse elimina cualquier riesgo de que se establezcan y, por ende, la necesidad de cualquier mitigación adicional del riesgo basada en la detección.
4. **La inspección usualmente no es del 100%.** Por lo general, se inspecciona una porción de un envío, lo que significa que siempre existe cierta probabilidad de que haya plagas presentes, pero que no sean detectadas. El nivel de infestación o contaminación tiene, por ende, relación con la probabilidad de detección, la cual se representa por un umbral de detección.
5. **La inspección no es 100% eficaz.** Siempre hay alguna probabilidad de que las plagas presentes en la porción del envío que se inspeccionó no sean detectadas. Este concepto se representa con la eficiencia (o sensibilidad) de la inspección, la cual varía con cada situación dependiendo de las plagas, los productos, el inspector, la ubicación y las condiciones. Por lo tanto, la eficiencia de la inspección es muy variable. Con base en los pocos estudios disponibles, la eficiencia puede fluctuar entre cerca del 20% y hasta el 80%; pero es muy poco probable que alguna vez alcance el 100%.

Fugas y estadísticas

Las últimas dos observaciones de arriba nos indican que la inspección tiene sus fugas, es decir, deja pasar algunas plagas. Siempre presenta fugas. Este es un punto fundamental a partir del cual se inicia la discusión sobre el MFR. Las plagas que podemos detener con la inspección no constituyen ningún problema. Las plagas que no encontramos son el riesgo. A fin de manejar el riesgo e

¹ La inspección puede tener muchos objetivos diferentes, incluida la detección de artículos reglamentados (p. ej., frutas prohibidas), el incumplimiento de los requisitos (p. ej., fruta no tratada) o la presencia de plagas reglamentadas. Aquí la discusión se refiere a las plagas, reconociendo que muchos aspectos también se extienden a otros objetivos de la inspección.

implementar adecuadamente la inspección como medida fitosanitaria, debemos medir y manejar las fugas.

La inspección, tal como se practica tradicionalmente, es una forma de muestreo de descubrimiento, es decir, que existe un umbral para detectar plagas basado en la probabilidad de descubrimiento en una muestra particular. Mientras más plagas se encuentren presentes en los envíos y mientras más frecuentemente entren, mayor es la probabilidad de fugas. Por eso, el nivel y la frecuencia de la infestación o la contaminación asociada con un envío, un producto, un proveedor o un país también es un indicador del nivel de riesgo. Nuestra capacidad de ajustar la inspección para detectar diferentes niveles de infestación de plagas es la clave para comprender su valor como herramienta de manejo del riesgo: medir y controlar las fugas.

Cada escenario de inspección tiene un tamaño de envío y un tamaño de muestra que se pueden utilizar para calcular el nivel de infestación de plagas que se puede detectar con cierto nivel de confianza y eficiencia. Se pueden utilizar cálculos similares para determinar cómo se puede ajustar el tamaño de la muestra para detectar un nivel especificado de infestación o contaminación en un envío de cierto tamaño. Estos métodos estadísticos sencillos nos ayudan a comprender mejor la eficacia de la inspección y cómo utilizarla mejor para el manejo del riesgo. También nos ofrecen la oportunidad de crear un diseño de inspección que brinde datos consistentes para demostrar la eficacia de los programas de inspección, llevar a cabo análisis de tendencias y ajustar los esfuerzos de inspección para focalizar mejor los riesgos. La focalización es crucial para maximizar la eficacia de los recursos. También puede servir como incentivo para alcanzar un comercio más seguro, porque reduce la inspección del comercio de bajo riesgo, con lo cual se recompensa a los proveedores de un producto más limpio.

Las inspecciones más tradicionales se basan en el muestreo de un porcentaje del envío (p. ej., 2%). Debido a la relación estadística de la probabilidad de detección con el tamaño de la muestra y el tamaño del envío, el nivel de detección varía a medida que cambia el tamaño del envío. Como generalmente no tenemos ningún control sobre el tamaño del envío, podemos esperar que haya diferentes niveles de detección para envíos de diferente tamaño cuando el muestreo se hace a una tasa fija. Esto resulta en niveles inconsistentes de manejo del riesgo. Para alcanzar un nivel consistente de detección, debemos ajustar la tasa de muestreo según el tamaño del envío. Un calculador o cuadro de muestreo simplifica el proceso de determinar el tamaño adecuado de la muestra para detectar consistentemente el mismo nivel de infestación en envíos de tamaño diferente. Una vez que estamos en capacidad de detectar consistentemente el mismo nivel de infestación, podemos comparar legítimamente los envíos y calcular las verdaderas tasas de riesgo relativo para las plagas y las tasas de acción para las vías, entidades y países de origen.

Las inspecciones tradicionales también suelen detenerse cuando se encuentra una plaga, ya sea que se haya inspeccionado o no toda la muestra. Esto se justifica porque la presencia de una plaga representa incumplimiento, lo que usualmente cambia el estatus del envío. Como se observó anteriormente, la inspección no es absoluta. La detección de una plaga no significa que sea la única plaga presente y no detectar una plaga no significa que un envío está libre de plagas. Se debe inspeccionar toda la muestra y se deben registrar todos los resultados, para saber cuántas plagas diferentes pueden estar presentes y el grado de infestación, de forma que se puedan comparar y analizar.

La inspección total de una muestra cuyo tamaño se ha derivado estadísticamente no solo brinda un panorama más completo del incumplimiento, sino que sus resultados respaldan un análisis mucho más robusto de las tasas de riesgo relativo para las plagas, las tasas de acción para la vía, la entidad o el país y las tasas de infestación del envío. Una corriente de datos basados en un historial de

muestreo consistente permite analizar las tendencias y respalda la categorización y priorización para el análisis de riesgo, así como para asignar los recursos.

Además de ajustar el tamaño de la muestra para que corresponda al tamaño del envío e inspeccionar toda la muestra, también es crucial que el muestreo sea verdaderamente aleatorio. Esto es muy importante desde el punto de vista de la validez estadística. También constituye uno de los aspectos del MFR que a los inspectores más les cuesta adoptar porque tienen la tendencia a sesgar la selección de las muestras para detectar plagas según su experiencia y pericia. Pedirle a un inspector que inspeccione una muestra que, en su opinión, no tiene ninguna plaga, al mismo tiempo que también ignore parte del envío en donde se siente más seguro de detectar una plaga, va en contra de la lógica y puede desmoralizar a los inspectores acostumbrados a demostrar su competencia seleccionando las muestras apropiadas.

Existen dos problemas principales con el muestreo intuitivo o fortuito que ha dominado la inspección tradicional. El primero es que carece de validez estadística. Por eso sus resultados son mucho menos valiosos. El segundo problema es que favorece fuertemente la detección de plagas que se han detectado anteriormente, por lo que cuesta más darse cuenta de nuevas plagas o ver cambios en las tasas de riesgo relativo, los patrones de infestación y los nuevos brotes. Si bien una muestra aleatoria puede pasar por alto una plaga que el inspector cree que está presente según su experiencia, tiene más probabilidad de encontrar las plagas que no son esperadas por el inspector. Como se mencionó anteriormente, todas las inspecciones tienen cierta probabilidad de pasar por alto las plagas (fugas); pero es clave asegurarse de que los resultados de la inspección tengan validez estadística para usar los resultados con el fin de tener una mejor focalización. Descubrir nuevas plagas y patrones imprevistos de infestación también es importante para la focalización.

Con base en las discusiones anteriores, los mejores diseños de inspección exhiben las siguientes características de muestreo:

- El tamaño de la muestra corresponde a un nivel fijo de detección para un tamaño específico de envío;
- Las muestras se seleccionan aleatoriamente;
- Se inspecciona toda la muestra y todos los resultados se registran.

Las inspecciones que integran estos elementos de diseño ofrecen más y mejores datos para respaldar las decisiones de manejo de riesgos y utilización de recursos. Cuando se aplican de manera equitativa y consistente, tales diseños también se pueden defender técnicamente y amplían muchísimo las oportunidades de emplear una gama de análisis útiles, incluidos los ajustes en la intensidad y/o frecuencia de la inspección para concentrar más esfuerzos en los productos de mayor riesgo y menos esfuerzos en los de menor riesgo, con lo cual se crean incentivos para que el comercio reduzca el riesgo. Esto es consistente con las obligaciones de los gobiernos previstas en la CIPF, el Acuerdo MSF y las disposiciones de manejo del riesgo del recién finalizado Acuerdo sobre Facilitación del Comercio de la OMC. Esto es el MFR.

La inspección reajustada

En una era en la que tanto el volumen como la frecuencia del comercio están sobrepasando enormemente los recursos dedicados a la inspección, existe la necesidad práctica de priorizar los recursos redistribuyendo el esfuerzo de inspección dedicado al comercio de bajo riesgo para concentrarlo en el comercio de mayor riesgo. El enfoque puede hacerse en entidades comerciales, tales como productores, exportadores, expedidores, intermediarios o importadores. También puede hacerse en grupos de productos, como flores cortadas o tipos específicos de productos como rosas cortadas. Podría hacerse en países de origen o en puertos específicos de entrada.

Independientemente del enfoque, el cambio de una inspección talla única a diseños focalizados exige datos y análisis adecuados para identificar la inquietud, la magnitud de la inquietud y los cambios en su estatus con el transcurso del tiempo. Esto exige medidas que surgen del análisis de datos que anteriormente no habían estado disponibles o no se utilizaban de esta forma.

Un punto de partida para promover la adopción del MFR consiste en analizar los procesos existentes de inspección, a fin de calcular el nivel de detección que se alcanza actualmente e identificar las debilidades presentes. Este enfoque puede brindar ideas sobre el grado de variabilidad en los resultados de la inspección y los problemas que limitan el uso de esos resultados para el análisis y la focalización. Otro punto de partida es seleccionar un nivel deseado de detección (p. ej., una tasa de infestación del 5%) y diseñar un proceso piloto de inspección que alcance el objetivo especificado con resultados estadísticamente válidos. Este último enfoque es especialmente útil para entender el nivel de recursos requeridos para alcanzar diferentes niveles de detección. En cualquiera de los escenarios, el objetivo consiste en poder distinguir (categorizar) productos, entidades, países o lo que se este focalizando utilizando la detección de plagas como representación del riesgo y luego ajustar el diseño para redistribuir el esfuerzo de inspección con el fin de lograr un mejor anejo de las plagas y productos de mayor riesgo.

Una vez que se haya instaurado un diseño que detecte consistentemente un nivel específico de infestación y que se disponga de datos válidos para categorizar los resultados, se puede agregar al cálculo los criterios de riesgo para realizar acciones evaluando las plagas y las vías de inquietud, en lo concerniente a la probabilidad e impacto de la introducción de plagas (su entrada y establecimiento). Esto tiene que ver con nuestra observación inicial de que no todas las plagas son igualmente riesgosas, al considerar aspectos biológicos y económicos de las interceptaciones de plagas que informan el riesgo más allá de solo la presencia o ausencia de una plaga en la vía.

Al combinar los resultados de la inspección estadísticamente diseñada con un análisis de riesgo, se obtiene un panorama completo y dinámico de la inspección como medida fitosanitaria y se abren muchas puertas para realizar análisis adicionales. Las acciones fitosanitarias se pueden correlacionar con numerosas variables diferentes del comercio y sistemas de focalización desarrollados para plagas, vías, puertos o cualquier otra variable del comercio que queramos correlacionar con el riesgo. Se pueden calcular tasas de infestación para envíos individuales, se pueden calcular y monitorear tasas verdaderas de riesgo relativo de plagas y se puede hacer lo mismo para las tasas de acción en productos/vías. Se pueden estimar las fugas porque la eficacia de la inspección se puede medir y ajustar de conformidad con el riesgo y balancearse con la disponibilidad de recursos.

Quizá las observaciones más importantes que se deben hacer en apoyo al cambio hacia el MFR es que es justo y predecible para el comercio, defendible ante las partes interesadas y los socios comerciales y que da a todos los involucrados una base significativa para emplear la inspección como medida fitosanitaria. El simposio fue destinado para ser un foro para fomentar el intercambio de pericia y experiencia en inspecciones; promover la colaboración mutua y entre interesados, entidades del comercio y otras agencias; hacer esfuerzos para llegar a un mejor entendimiento de los conceptos fundamentales; y armonizar los objetivos compartidos que impulsen la práctica de la inspección por parte de la comunidad fitosanitaria.

Referencias

- Gould W.P. (1995) Probability of detecting Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae) infestations by fruit dissection. *Florida Entomologist* 78(3): 502-507.
- Perrone S., Maynard G., Crowe B., Connel M., Papacek D., Hepworth G., Robinson A., Burgman M. (2013) Plant biosecurity: Detectability of arthropods in fresh produce consignments. ACERA 1006C: pp 33.

Ransom – Experiencia de Australia con el muestreo fundamentado en el riesgo

Lois Ransom

Subsecretaria, Operaciones de Importaciones de Plantas
División de Bioseguridad Vegetal, Departamento de Agricultura y Recursos Hídricos, Australia

Resumen

Australia está continuamente evolucionando su sistema de bioseguridad, aplicando principios de intervención basada en la evidencia y en el riesgo para manejar eficientemente los riesgos sanitarios y fitosanitarios en la frontera o antes de llegar a ella. Una parte integral del sistema es el concepto de 'rendimiento del riesgo'. En términos sencillos, consiste en "hacer lo que más importa" para detectar y manejar los riesgos de bioseguridad y reducir el riesgo de una incursión de plagas.

Australia adoptó la tasa de inspección de muestras de 600 unidades el 1º de enero de 1999 como forma práctica y consistente de definir un nivel aceptable de riesgo en los envíos importados. Esta tasa ofrece un 95% de confianza para detectar un nivel de infección o infestación de plagas del 0.5% en envíos de más de 1,000 unidades. Una tasa de muestreo de 450 unidades se aplica a los envíos de menos de 1,000 unidades. Los inspectores se respaldan con la orientación contenida en las instrucciones de trabajo.

Estamos adoptando nuevos enfoques a la verificación que ofrecen la seguridad de que se han alcanzado las condiciones de importación de Australia y el nivel apropiado de protección, lo que incluye trabajar de cerca con importadores y con las organizaciones nacionales de protección fitosanitaria (ONPF) para reconocer las actividades del sistema de producción y comercio que contribuyen al manejo de riesgos fitosanitarios. Los sistemas novedosos, como el sistema de inspecciones basadas en el cumplimiento (CBIS, por sus siglas en inglés), utilizan los datos de las inspecciones para recompensar a las vías de importación que cumplen con los requisitos, reducir la carga reglamentaria y brindar una mayor garantía de que se están manejando los riesgos fitosanitarios para lograr el nivel adecuado de protección en Australia.

Introducción

Vivimos con riesgo. Es parte de la condición humana identificar, evaluar, aceptar o manejar el riesgo en nuestra vida diaria: ¿debo cruzar la carretera? ¿Es esta acción buena para mi bienestar? ¿Debo comprar esto o ahorrar para aquello? Estamos sopesando los impactos de los riesgos todo el tiempo cuando tomamos decisiones todos los días.

En el mundo fitosanitario, aplicamos los conceptos de manejo del riesgo a los riesgos de plagas específicas hasta alcanzar un nivel aceptable. Los principios y conceptos fitosanitarios pertinentes se codifican en acuerdos internacionales, incluido el Acuerdo MSF y la CIPF. El manejo del riesgo también se aborda en las NIMF de la CIPF.

Para los reguladores fitosanitarios en todos lados, la realidad es que la falta de recursos impiden que las ONPF hagan todo. Igual que muchas ONPF, el Departamento de Agricultura y Recursos Hídricos (DAWR, por sus siglas en inglés) de Australia, no cuenta con los inspectores para revisar el 100% de todo lo que llega a nuestras costas, ya sean bienes, pasajeros, correo, paquetes por servicio de mensajería o contenedores, en busca de plagas vegetales perjudiciales, por lo que consideramos que el manejo de riesgos fitosanitarios es una responsabilidad compartida. Los costos de tal actividad y su efecto en la demora de aprobación de bienes, viajeros y correo serían públicamente inaceptables. Debemos ser más ingeniosos para identificar y seleccionar los riesgos más importantes examinando la probabilidad de incidencia y la severidad de su impacto y las consecuencias resultantes. Nuestras intervenciones fitosanitarias deben ser orientadas a los resultados esperados y, de ser posible, el riesgo debe manejarse en el extranjero. Como mínimo, los bienes presentados en la frontera de Australia deben cumplir con las condiciones requeridas de importación.

Esta realidad exige una nueva visión de los riesgos fitosanitarios y su manejo. También impulsará cambios y permitirá al departamento enfocarse en las vías de mayor riesgo.

Sin duda, las vías de ingreso de plantas con mayor riesgo son las que presentan una vía directa para el establecimiento de plagas cuarentenarias. Esto incluye semillas, material de viveros y materiales portadores de riesgo, tales como suelo y equipo agrícola usado. Las vías indirectas de establecimiento presentan menor riesgo e incluyen: productos procesados; bienes para consumo humano, entre ellos los productos agrícolas frescos y las nueces, etc.; desviación del uso previsto; productos fabricados, tales como muebles y productos crudos que se someterán a un procesamiento adicional. Los medios de transporte (incluyendo pasajeros, correo, contenedores, barcos, aviones y carga no reglamentada) representan una vía diferente, aunque no menos importante, para el establecimiento de organismos tales como hormigas invasoras, malezas y arañas, plagas transmitidas por el suelo y mosquitos.

Tomadas en su conjunto, existen numerosas vías para la movilización internacional de plagas vegetales. Logísticamente, debemos aplicar una disciplina de 'rendimiento del riesgo' para concentrar las intervenciones fronterizas en las cosas que más importen o que nos den el mayor rendimiento sobre la inversión.

Una intervención universal por parte de las ONPF es la inspección fitosanitaria. La inspección se utiliza para verificar que se hayan cumplido suficientemente las condiciones de importación destinadas a reducir el riesgo de ingreso de plagas cuarentenarias.

La inspección:

- Ofrece la evidencia de que un envío ha cumplido con las condiciones de importación requeridas;
- Ofrece la confianza en la certificación fitosanitaria presentada por el país exportador;
- Confirma la presencia de plagas que se esperan en los bienes, según se evaluó en el análisis de riesgo;
- Detecta cualquier plaga nueva o inesperada en una vía que puede haber resultado por un cambio en el estatus de la plaga en el país de origen;
- Provee información y datos para iniciar y fundamentar la revisión de las condiciones de importación y las vías, con el fin de garantizar que se fijen adecuadamente medidas para manejar el riesgo.

La inspección no cambia, de por sí, el estatus fitosanitario de los bienes y solo sirve como herramienta de verificación si se puede ver la plaga o el daño que causa.

Muestreo fundamentado en el riesgo

Desde el 1º de enero de 1999, Australia ha aplicado un nivel de confianza del 95% a las importaciones para detectar una infección o infestación de plagas del 0.5% en un lote homogéneo utilizando:

- Un tamaño de muestra para inspección de 600 unidades como norma para los envíos que contengan más de 1,000 unidades
- Un tamaño de muestra de 450 unidades para los envíos que contengan menos de 1,000 unidades o
- Tasas alternativas equivalentes, si ocurre un muestreo continuo debido al tipo producto, p. ej., granos.

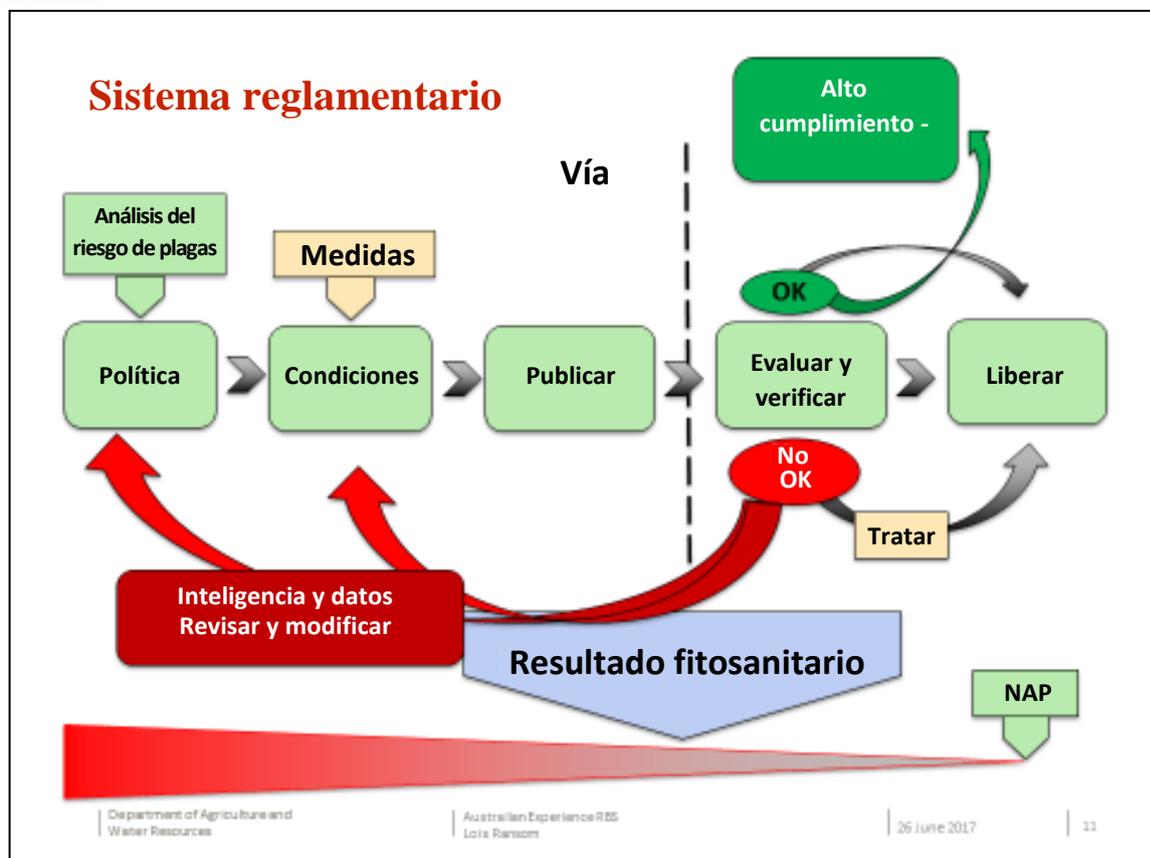
Este enfoque tiene un fundamento estadístico y está reconocido en la NIMF 31: Metodologías para muestreo de envíos. El muestreo para verificar los envíos de exportación es determinado por el país importador y puede ser un porcentaje (2%) o un tamaño definido de muestra (600 unidades). No deja de tener sus desafíos aplicar este enfoque en la práctica. La definición de la unidad es crítica,

pues su aplicación consistente en todos los envíos y ante una cambiante fuerza laboral de inspectores requiere de instrucciones específicas y de una capacitación eficaz. ¿Cómo se comparan cerezas con melones cuando se define una unidad? También es importante la homogeneidad del envío. ¿Cómo evalúa esto un inspector? La información que acompaña el envío puede brindar indicios, pues puede suponerse que un solo lote de una sola fuente es más homogéneo que un envío compuesto de diferentes lotes provenientes de diferentes fuentes. ¿Hay que inspeccionar las 600 unidades o hay que detenerse en la unidad en la que se detecta una plaga que amerita la toma de medidas? Esto depende de los datos que se quieran recolectar. La muestra completa de 600 unidades ofrece la máxima confianza en el estatus de la plaga en el lote y brinda información sobre el grado de infestación, así como sobre la naturaleza de las plagas presentes, si están completamente identificadas. La muestra completa de 600 unidades ofrece confirmación de los organismos que esperamos ver en la vía y también ayuda a detectar las plagas que no habíamos esperado lo que nos permite alertar acerca de cambios en el riesgo fitosanitario en la vía.

El sistema reglamentario de Australia para la gestión de riesgos fitosanitarios se resume en la [figura 1](#). Un análisis del riesgo de plagas establece la política de manejo del riesgo, la cual se publicacom requisitos de importación. Los bienes se evalúan cuando llegan a Australia y su estatus fitosanitario se verifica. Si cumplen con las condiciones de importación, los bienes se liberan. Si no lo hacen y los riesgos fitosanitarios necesitan manejarse para alcanzar el nivel apropiado de protección (NAP) en Australia, los bienes pueden requerir un tratamiento apropiado, lo que puede ocasionar demoras significativas. De lo contrario, los bienes se pueden destinar a exportación o destrucción. En nuestra legislación vigente, la *Ley de Bioseguridad 2015*, el NAP de Australia se define como ‘muy bajo, pero no cero’.

Cuando los bienes cumplen consistentemente con los requisitos de importación, se puede considerar reducir la intervención en frontera. Cuando no cumplen, se pueden utilizar los datos recolectados para iniciar y fundamentar una revisión y ajuste a los requisitos de importación.

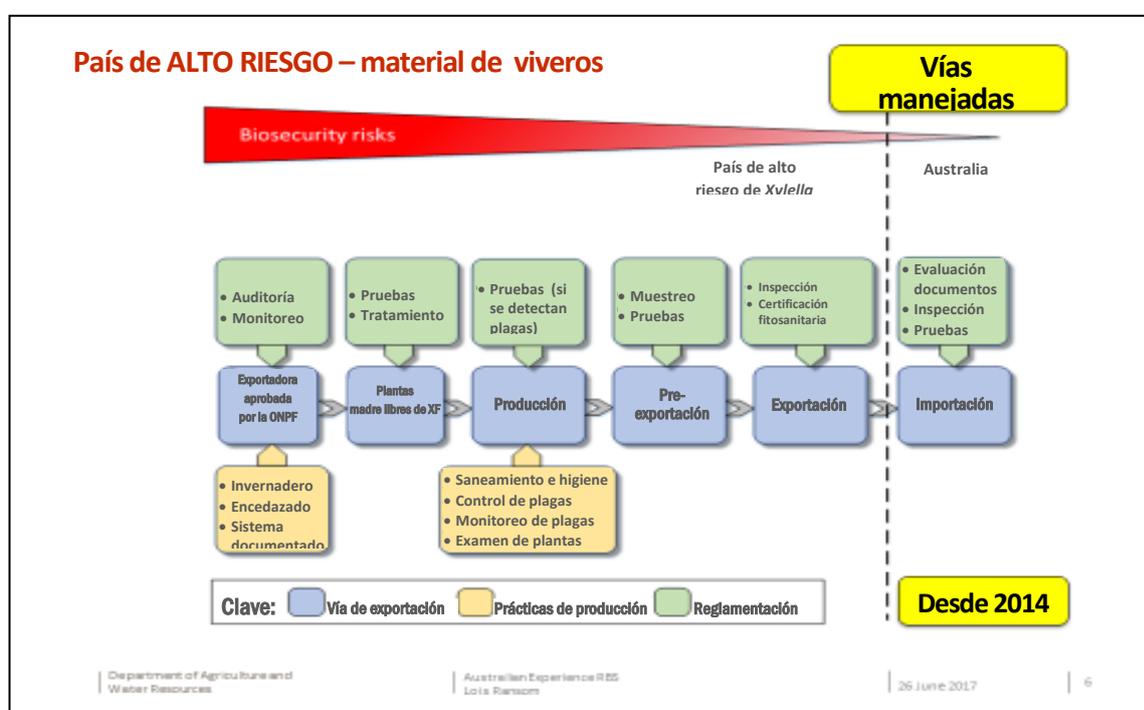
Figura 1. Sistema reglamentario para el manejo de riesgos fitosanitarios de Australia.



Vías manejadas

Podemos aumentar nuestra confianza en el cumplimiento de envíos si sabemos más acerca de su probable estatus fitosanitario. Esto puede venir de la información obtenida mediante la inspección de muchos envíos provenientes de la misma fuente; pero también se puede alcanzar conociendo y considerando el sistema de producción y exportación de los bienes importados. En Australia, hemos estado trabajando para comprender mejor los sistemas de producción y exportación. Consideramos la vía de exportación y las prácticas de producción, incluidos los controles de plaga en el campo, y definimos pasos reglamentarios que contribuyen al manejo del riesgo. El diagrama de la [figura 2](#) nos ayuda a visualizar estas medidas y a determinar la evidencia que pudiéramos necesitar para verificar que se hayan aplicado los controles críticos. Efectivamente, este es un enfoque de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP), similar al enfoque utilizado para manejar y brindar la garantía de inocuidad alimentaria.

Figura 2. Vía para las importaciones de plantas de vivero provenientes de un país confirmado como infestado con *Xylella fastidiosa*.



Las vías manejadas ofrecen mayor oportunidad de optimizar y recompensar el cumplimiento. Consideran toda la cadena de producción y el sistema de exportación/importación y pueden simplificar, modernizar y normalizar el análisis del riesgo de importaciones y la elaboración de requisitos de importación. Las vías manejadas también nos permiten incorporar sistemas y procesos industriales que ayudan a manejar los riesgos fitosanitarios. Se pueden integrar controles fitosanitarios críticos en otros sistemas de calidad y reglamentación, tales como el de inocuidad alimentaria o el Global GAP. Esto le puede dar a la ONPF importadora un mayor nivel de confianza que las medidas fitosanitarias han sido aplicadas y pueden reducir significativamente la carga de plagas. Los sistemas que alcanzan consistentemente un alto nivel de cumplimiento pueden ser recompensados con una intervención reducida durante el proceso de importación. Esto puede reducir los costos y demoras de aprobación al importador y le permite a la ONPF asignar los recursos de inspección a los interesados y a las vías de mayor riesgo.

Régimen de inspecciones basadas en el cumplimiento (CBIS)

Australia ha puesto en práctica el CBIS mediante la aplicación de una metodología de muestreo continuo (MC). El CBIS utiliza datos históricos en vías seleccionadas para recompensar a los importadores que cumplen consistentemente con los requisitos con inspecciones reducidas. Este es un enfoque sustentado por la evidencia y basado en el riesgo que permite la reasignación focalizada de los recursos de inspección hacia las vías de mayor riesgo, sin comprometer los resultados globales de bioseguridad.

Estudio de caso del CBIS – Granos de café en oro

Australia importa grandes volúmenes de granos de café verde o en oro, principalmente para procesamiento adicional en áreas metropolitanas para convertirlos en productos tostados o granulados.

Los datos históricos indican que la importación de granos de café en oro origina de 195 proveedores en 63 países. Se encontró que únicamente 66 de 2,827 envíos tenían incumplimiento, estableciendo una tasa de fallas del 2.3%. Al tomar esto en consideración con el uso final, se determinó que los granos de café en oro representan un bajo riesgo fitosanitario.

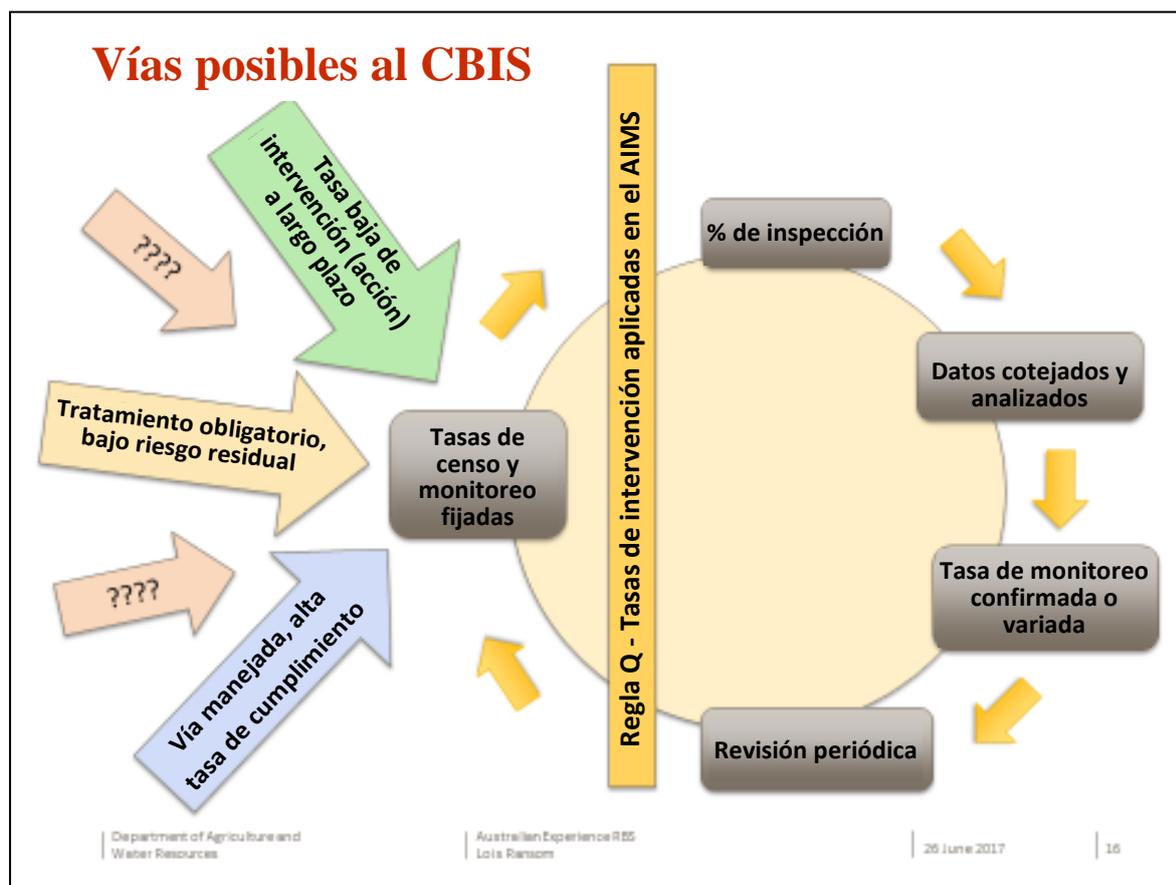
El sistema australiano de manejo de importaciones (AIMS, por sus siglas en inglés) puede identificar envíos importados de granos de café y al aplicar el MC a través de una función de recuento puede destinar los envíos a inspección o liberación. A través de un análisis estadístico, se establece un número de referencia de envíos que cumplen con los requisitos y que califican para inspección fundamentada en el riesgo, así como una tasa de vigilancia para inspecciones subsiguientes. El CBIS opera en líneas de productos del importador o del proveedor en ultramar. Después de calificados, los envíos importados se seleccionan aleatoriamente dentro del AIMS para someterlos a una intervención basada en el riesgo. Los envíos seleccionados aún están sujetos a una inspección completa; sin embargo, la frecuencia de las líneas que se destinan a la inspección completa se reduce, siempre y cuando se mantenga un cumplimiento continuo. En el sitio web del departamento, se puede encontrar más información sobre el régimen y los productos vegetales elegibles.

[Página web del CBIS](#)

En 2017, las inspecciones a productos vegetales de bajo riesgo se redujeron en 11,608, lo que ahorró a los importadores que cumplían con las condiciones más de AU\$ 1.05 millones y al departamento más de 5,500 horas de inspección.

Desde su introducción en el 2013, la mayor parte de los productos que participan en CBIS han registrado buen cumplimiento continuo, lo que resulta en tasas bajas de intervenciones a largo plazo. Mas recientemente, el CBIS se ha ampliado para incluir productos vegetales inherentemente de mayor riesgo cuando el nivel residual de riesgo fitosanitario es muy bajo, a consecuencia de la aplicación de un tratamiento obligatorio o debido a una vía fuertemente manejada. La mecánica del CBIS se resume en la [figura 3](#).

Figura 3. La mecánica del CBIS.



Investigación posteriores a la aplicación del CBIS, incluyendo análisis sociales y económicos, han validado este enfoque basado en el riesgo, pero existen desafíos:

- Los envíos seleccionados deben poderse identificar por código arancelario o código único.
- Es crítica la retroalimentación a los importadores para que puedan tomar decisiones sobre sus líneas de suministro, es decir, la fuente de los proveedores que cumplen con los requisitos. Esto puede ser difícil cuando las importaciones son intermediadas por un agente, ya que los informes se dirigen al importador y no al proveedor.
- Entre el personal y las industrias nacionales de producción, existe la percepción de que este enfoque deja pasar plagas por la frontera, aunque los bienes se monitoreen continuamente.
- Para recompensar el cumplimiento, los servicios de inspección deben registrar con exactitud las plagas que ameritan la toma de medidas. La aplicación de sanciones a plagas que no ameritan medidas penaliza a los importadores y socava el sistema.
- La calidad y cantidad de los datos puede afectar la confianza en el resultado del riesgo. Ocuparse de la calidad de los datos puede ofrecer beneficios a la ONPF, pero la calidad debe definirse, el personal debe estar capacitado para recolectar y registrar datos de calidad, y los sistemas de informática tienen que tener capacidad de captarlos y permitir su análisis.

La evolución constante del muestreo y la intervención basados en el riesgo en Australia es crítica para garantizar que la asignación de los recursos de inspección se concentre en las áreas de mayor riesgo fitosanitario y de bioseguridad. Esta focalización está fundamentada en los datos que informan y siguen apoyando las intervenciones basadas en el riesgo.

Referencias

- FAO. International Plant Protection Convention. 2016. International Standards for Phytosanitary Measures Number 31: Methodologies for Sampling of Consignments. https://www.ippc.int/static/media/files/publication/en/2016/01/ISPM_31_2008_En_2015-12-22_PostCPM10_InkAmReformatted.pdf
- DAWR. *Biosecurity Act 2015*. <http://www.agriculture.gov.au/biosecurity/legislation/new-biosecurity-legislation/>. Incluye un enlace a la legislación.
- DAWR. Emergency measures implemented to manage the risk of entry of *Xylella fastidiosa* to Australia. <http://www.agriculture.gov.au/import/goods/plant-products/how-to-import-plants/xylella/notification-amended-emergency-quarantine-measures>.
- DAWR. Compliance-based Inspection Scheme. <http://www.agriculture.gov.au/import/goods/plant-products/risk-return>.

Katsar *et al.* – Muestreo fundamentado en el riesgo: La perspectiva de la ONPF (USDA-APHIS-PPQ) de los Estados Unidos

C.S. Katsar¹, S. Hong¹, B.J. Kim², and R.L. Griffin¹

¹USDA-APHIS-PPQ, 1730 Varsity Drive, Suite 400, Raleigh, NC, 27606 USA.

²Center for Integrated Pest Management, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695, USA

Resumen

El programa de Protección y Cuarentena Vegetal del Servicio de Inspección de Sanidad Animal y Vegetal, Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA-APHIS-PPQ), comenzó a poner en práctica el muestreo fundamentado en el riesgo (MFR) en envíos de material vegetal propagativo el 1º de octubre de 2013. La implementación se hizo en forma escalonada y para septiembre de 2014 había 14 de las 16 estaciones de inspección de plantas de PPQ utilizando el MFR. El objetivo del programa era desarrollar un sistema de inspecciones factibles desde el punto de vista operacional que también fuera estadísticamente sólido y defendible con argumentos científicos. Durante la prueba piloto, se fijaron los parámetros de muestreo del MFR para detectar una tasa de infestación del 5% con una confianza del 95%, suponiendo una eficiencia del 80%. Ahora se dispone de más de tres años de datos de inspección. Estos datos se utilizarán para refinar los parámetros de muestreo con base en las observaciones en campo y el riesgo predicho para formular categorías de clasificación que se puedan utilizar con el fin de ajustar la frecuencia y/o intensidad de las inspecciones en el futuro.

Disponibilidad y calidad de los datos

El riesgo de productos provenientes de un país de origen específico se deriva de datos recolectados durante el proceso de importación y a través del MFR. El procesamiento de la mayoría de los materiales vegetales propagativos importados a los EE.UU. ocurre al momento de importación en una de las 16 estaciones de inspección de plantas (EIP) de Protección y Cuarentena Vegetal (PPQ). Allí se determina si las plantas importadas son admisibles tal y como vienen, si requieren de tratamiento como condición de entrada o si su entrada está prohibida. Los materiales vegetales prohibidos tienen negado el ingreso a los EE.UU. y se re-exportan o se destruyen. Cualquier tratamiento requerido como condición de entrada debe aplicarse antes de liberar el producto al comercio estadounidense.

Las combinaciones admisibles de país/producto se inspeccionan visualmente para asegurarse de que cumplen con los requisitos de ingreso a los EE.UU. y que están libres de cualquier plaga cuarentenaria. Cualquier plaga interceptada durante una inspección debe identificarse y su estatus cuarentenario se debe determinar. El envío ingresa si se determina que las plagas interceptadas no son cuarentenarias. Si una plaga es de importancia cuarentenaria, el envío o producto debe someterse a una medida correctiva, tal como una fumigación. La disposición final del envío y cualquier información asociada sobre la plaga se asignan según la acción reglamentaria tomada resultante de la inspección y, por lo tanto, también derivan del proceso de inspección. La revisión de la documentación y los procesos de inspección brindan información adicional relacionada con el envío, incluyendo el peso del producto/envío, unidades de medida, país de origen e importador/expedidor.

El proceso de importación genera una enorme cantidad de información. Sin embargo, históricamente no se recolectaban datos para ser analizados posteriormente, sino más bien para dar seguimiento a los logros del trabajo. Por ello, los datos existentes tenían que examinarse con cuidado para que su significado y contexto fueran claramente comprendidos y evaluados para poder determinar su utilidad en un análisis de MFR, ya sea tal y como estaban o con ajustes menores.

Se hizo un intento de predecir cualquier tipo adicional de información requerida para el análisis del MfR. Al hacerlo, se caracterizaron 17 nuevos elementos de datos. Con el tiempo, se encontró que algunos de estos elementos eran más útiles que otros. Otros aún se están evaluando. El proceso para identificar los elementos de datos actuales y nuevos necesarios para el MFR es un proceso que continúa hoy día.

Hubiera sido ideal haber tenido instaurado un sistema de datos que garantizara datos consistentes y de alta calidad antes de implementar el protocolo del MFR. Iniciar con datos limpios hubiera sido mucho más sencillo que tratar de limpiar los datos después de recolectados y almacenados. Sin datos muy limpios, el proceso de control de calidad (CC) se volvió muy laborioso y complejo. Llevó muchísimo tiempo identificar discrepancias entre datos, determinar las causas fundamentales y desarrollar las modificaciones para corregir errores en los datos. El proceso de CC también conllevó amalgamar conjuntos de datos dispares, identificar datos repetidos, estandarizar ontologías y valores y normalizar los datos.

Algunos de los problemas de CC más comunes fueron los códigos para disposición, los efectos de la política de cuarentena, la cantidad y los códigos de identificación. Los códigos de disposición enumeran los resultados de inspección y las medidas cuarentenarias posteriores. El CC identificó rutinariamente registros que poseían códigos de disposición incorrectos. Este tipo de errores pueden afectar drásticamente los cálculos de riesgo.

Las políticas de cuarentena también pueden afectar los cálculos. Las políticas de cuarentena definen las acciones reglamentarias requeridas para mitigar el riesgo de una plaga, producto y/o origen en particular. A veces, estas políticas dejan artefactos en los datos que requieren modificación antes de llevar a cabo el análisis de los datos. Por ejemplo, suelen ocurrir artefactos cuando se entremezclan géneros múltiples de plantas en un solo envío y se intercepta una plaga móvil en un solo género. En este caso, se impone la acción cuarentenaria a todos los géneros del envío y el registro de inspección asocia la acción cuarentenaria con todos los géneros de las plantas del envío. En este caso, los datos indican una acción cuarentenaria, en vez una asociación real con la plaga o la probabilidad de interceptar una plaga de importancia cuarentenaria en un producto particular.

La cantidad de material importado es otro elemento que tiene muchos problemas de CC. Los errores en la cantidad suelen deberse al error humano. Sin embargo, a veces ocurren errores como resultado de definiciones ambiguas o codificación inapropiada de los atributos de datos. Otra cuestión asociada con la cantidad es el significado del valor real. Históricamente, los registros de inspección incluían el número total de plantas en un envío; pero apenas hace poco comenzamos a registrar el número real de plantas que se sometieron a inspección.

Anteriormente, los datos requeridos para analizar el MFR residían en diferentes bases de datos. Estas bases de datos no se crearon para que correspondieran entre sí. Los códigos únicos de identificación no siempre estaban presentes. Por lo tanto, no siempre era posible relacionar toda la información necesaria. Desde entonces, se ha puesto en práctica una estructura de datos relacionales que ha mitigado la mayoría de estos problemas.

Una tasa de acción para plagas se define como el número de medidas cuarentenarias aplicadas a un producto dividido entre el número total de inspecciones llevadas a cabo en ese producto. Las tasas de acción para algunos productos cambiaron en un 10% o más a consecuencia del proceso de CC. El CC y el análisis subsiguiente de estos datos son esenciales para el MFR, ya que sirven de base para implementar regímenes de muestreo no sesgados.

[Muestreo y calculador del tamaño de la muestra](#)

La implementación del MFR en las EIP constituyó un cambio significativo. Para alcanzar el éxito, el MFR requirió de un cambio fundamental en las operaciones de inspección. También exigió el apoyo de los inspectores y un cambio de mentalidad, ya que los supuestos subyacentes de la metodología

de inspección cambiaron. Históricamente, las inspecciones de PPQ utilizaban un muestreo de tasa fija. Por lo general, la inspección de la muestra designada continuaba hasta la primera detección de una plaga cuarentenaria. El muestreo de tasa fija garantizaba que la tasa de muestreo fuera consistente y que el tamaño de la muestra era fácil de calcular. Sin embargo, no brindaba ninguna información sobre el tamaño de la muestra o la capacidad de comparar envíos, a medida que el nivel de detección de plagas variaba con el tamaño de la muestra. También significaba que no se podía determinar el número y los tipos de plagas presentes en el envío. No se podían estimar de manera eficaz las tasas de acción, las tasas de riesgo relativo y las tasas de infestación y tampoco se podían utilizar para demostrar el valor del programa, antes que el MFR instituyera un nivel consistente de detección.

Además, el tamaño de la población afecta el número de muestras requeridas para alcanzar un nivel establecido de exactitud estadística. Los envíos más pequeños exigen muestrear una mayor proporción de la población para obtener el mismo nivel de exactitud. Lo contrario se aplica a envíos de mayor tamaño. Por lo tanto, si se quiere establecer un nivel deseado de confianza, el muestreo de tasa fija es inconsistente. Resulta en el muestreo insuficiente de los más pequeños y el muestro excesivo de envíos más grandes. En contraste, en el MFR, el tamaño de la muestra varía de acuerdo con el nivel deseado de detección. Al ofrecer un nivel consistente de detección de plagas, los resultados de las inspecciones pueden compararse entre envíos de tamaño variable.

Antes del MFR, la selección de muestras para inspección era un proceso arbitrario que podía ser influenciado por los conocimientos y/o percepciones del inspector. El MFR utiliza el muestreo aleatorio para identificar las muestras para inspección. El método de inspecciones del MFR exige que las muestras siempre se seleccionen al azar. Es más, el MFR está técnicamente justificado, mientras que el muestreo porcentual no lo es.

Para el MFR, un cambio en el nivel deseado de detección cambia el tamaño de la muestra. Tales cambios son necesarios porque el tamaño de la muestra debe ser operacionalmente factible de procesar. Los niveles de detección pueden modificarse para tomar en cuenta aspectos operacionales. Las modificaciones del tamaño de la muestra también se pueden alcanzar cambiando la frecuencia con la cual ocurre una inspección. En cualquiera de los casos, las EIP deben ser ágiles y ser capaces de determinar con rapidez cuántas y cuáles muestras se deben inspeccionar eficiente y rápidamente. Existen calculadoras del tamaño de muestra, basados en el riesgo de combinaciones específicas de país/producto y tipo de material propagativo, con el fin de facilitar la selección de las muestras.

Análisis estadístico y categorización de riesgos

Todos los datos de inspección del MFR se sometieron a un riguroso proceso de CC antes de analizarse. El número de acciones cuarentenarias y la cantidad de envíos se resumieron utilizando criterios previamente definidos. El género al cual pertenecían las plantas, el país de origen y el tipo de material propagativo (MP) son algunos de los criterios que se utilizaron inicialmente. Después de resumir los datos, se empleó una regresión logística para investigar la relación entre las variables seleccionadas y la tasas de acción. Posteriormente, se usó una simulación en computadora para generar tasas de acción previstas y sus correspondientes intervalos de confianza del 95%. Los rangos de los intervalos de confianza calculados representan un índice de incertidumbre para las tasas de acción predichas. Luego, se usó un análisis de conglomerados para categorizar las combinaciones de país/producto en grupos de baja incertidumbre y de incertidumbre alta con una confianza del 95%. El grupo de cumplimiento elevado tuvo bajas tasas de acción previstas y un rango de confianza relativamente más corto.

Luego se aplicaron umbrales de corte preseleccionados para categorizar aún más la varianza “baja” y “elevada” o los grupos de incertidumbre en categorías de cumplimiento elevado, medio, bajo o malo. Se utilizaron los datos para determinar los umbrales de corte de cada grupo de cumplimiento.

Estos agrupamientos de cumplimiento se pueden modificar, según fuera necesario, para satisfacer consideraciones operativas y de otra índole del programa. Se ensayaron modelos lineales generalizados (MLG) bayesianos, así como modelos lineales generalizados de efectos mixtos (MLGM) para predecir la tasa de acción de las combinaciones país/producto. Los resultados variaron sustancialmente dependiendo del método de modelización empleado. Una comparación entre las tasas de acción cuarentenaria antes y después del MFR demostró que los inspectores comprendían bien el riesgo asociado con muchas de las principales 20 combinaciones de país/producto. Sin embargo, las relaciones relativas entre las 20 combinaciones de país/producto diferían considerablemente y algunas combinaciones ni siquiera aparecían más.

Desafíos operacionales y marco de aplicación

Se encontraron muchos desafíos operacionales durante la elaboración y el ensayo del programa del MFR. Uno de los desafíos operacionales más considerables tuvo que ver con el tipo de material propagativo (MP). Existe muchísima variabilidad en los tipos del material propagativo importado. Inicialmente, los registros de inspección omitían la información sobre el tipo de material propagativo, de manera que nos vimos obligados a suponer que el riesgo asociado con los diferentes tipos de material propagativo eran equivalentes. Se confirmó que el tipo de MP era un elemento necesario y faltante en los datos y actualmente se registra junto con los demás datos relacionados con las inspecciones. En consecuencia, el riesgo de entrada asociado con diferentes tipos de materiales propagativo ahora se puede calcular, igual que se puede hacer para diferentes combinaciones de país/producto.

Entremezclar diferentes géneros de plantas en un solo envío ha presentado muchos desafíos y continúa siendo un obstáculo importante. El entremezclado puede ocurrir a varios niveles. Puede ocurrir al nivel del envío cuando se mezclan diferentes taxones y/o tipos de material vegetal en un solo contenedor o en una sola declaración de embarque. También puede ocurrir al nivel de la unidad de inspección, cuando se mezclan géneros de plantas dentro en un cartón/caja u otro tipo de unidad de inspección. El entremezclado también puede ocurrir simultáneamente en ambos niveles. Por lo general, no es operacionalmente factible separar los productos entremezclados hasta el nivel de unidad de inspección y los niveles de riesgo de entrada en productos entremezclados pueden diferir sustancialmente. Los tipos de MP, en vez del género de las plantas, pueden usarse como criterio para resumir el total de medidas cuarentenarias y la cantidad de envíos y pueden mitigar parcialmente los desafíos operacionales asociados con el entremezclado. Los esfuerzos en esta área siguen en marcha.

Algunos lugares, por una u otra razón, fueron incapaces de vaciar completamente los contenedores de sus envíos y, por ende, se vieron obligados a llevar a cabo las inspecciones de envíos localizados cerca de la puerta trasera. Se realizaron simulaciones en computadora para determinar cuán vital era la aleatoriedad para el proceso del MFR, a fin de determinar la utilidad de los datos de inspecciones en puerta trasera u otras no aleatoriamente muestreadas para los cálculos del MFR. Las simulaciones implicaron comparar las poblaciones de plagas aleatorias versus las conglomeradas presentes en los envíos, en tanto que la computadora identificaba las cajas que se iban a inspeccionar, ya fuera aleatoriamente o solo desde la puerta trasera. La simulación demostró que, para las plagas conglomeradas, era más probable que se aceptara una elevada proporción de envíos infestados cuando solo se inspeccionaban productos localizados cerca de la puerta trasera. Las inspecciones cerca la puerta trasera no parecieron ser un problema para las plagas distribuidas aleatoriamente. Este ejercicio respaldó la necesidad de la aleatoriedad como componente esencial del MFR, porque en realidad no sabemos qué plagas están presentes ni conocemos su distribución.

Conclusión

El muestreo fundamentado en el riesgo sigue siendo, sin duda, un trabajo en curso. Los esfuerzos actuales se concentran en elaborar y poner en práctica un marco de aplicación para apoyar el programa del MFR. Se están realizando trabajos adicionales para definir los niveles de cumplimiento

mediante umbrales de riesgo para el cumplimiento elevado, mediano, bajo y malo. Aún se están evaluando los elementos de datos requeridos.

Ahora existe un entendimiento del sistema de inspecciones basadas en MFR y de los datos que genera. Se han utilizado datos reales de MFR, cuando todas las inspecciones se realizaron con la misma intensidad, para categorizar el riesgo de ingreso de materiales vegetales propagativos. La herramienta de muestreo de las EIP, usada para identificar qué muestras se van a inspeccionar, se ha evaluado en campo y se está refinando aún más con base en esos resultados. La evaluación y la mejora de los procedimientos operacionales continúan mientras se implementa la estructura para apoyar los aspectos operacionales, analíticos y de gestión de políticas del programa. El paso final consiste en implementar la categorización de riesgos de productos de una manera operacionalmente factible en campo.

Cazier-Mosley – Comprobación del estatus – Estaciones de inspección de plantas en los Estados Unidos

Marla J. Cazier-Mosley

Gerente Nacional de Operaciones

Departamento de Agricultura de Estados Unidos, Servicio de Inspección de Sanidad Animal y Vegetal, Protección y Cuarentena Vegetal (PPQ), Operaciones de Campo

Resumen

Para una implementación exitosa del muestreo fundamentado en el riesgo (MFR), es importante conocer el historial de los datos, la disponibilidad de información estadística de referencia y la variedad de formas en que los envíos llegan y se inspecciona en las estaciones de inspección de plantas (EIP). Este entendimiento ayuda a ajustar con éxito la intensidad de las inspecciones, en casos en que los envíos contengan taxones mezclados o entremezclados y cuando el riesgo se vincula a taxones y su país de origen. Cuando Protección y Cuarentena Vegetal introdujo por primera vez el MFR, se necesitaba flexibilidad para atender las inquietudes de la industria. A medida que se expanda el MFR en el futuro, su implementación exitosa requerirá fundamentarse en la pericia del personal y en darle retroalimentación para que fomenten un entendimiento de los objetivos del programa.

Historia del “muestreo fundamentado en el riesgo” en las estaciones de inspección de plantas de PPQ

Los gerentes del programa para las estaciones de inspección de plantas dedicaron varios años a explorar diferentes formas de evaluar los datos históricos recolectados sobre envíos para determinar si los datos podrían dar información sobre combinaciones específicas de país/producto; y si esa información podría apoyar los ajustes a la intensidad y/o frecuencia de las inspecciones con base en el riesgo de taxones vegetales importados y sus orígenes. Si bien los datos históricos ofrecían un registro de las actividades y acciones de inspección, por razones antes discutidas en Katsar, *et al.*, no se pudieron utilizar los datos para establecer una línea base estadística con fines de comparación.

En el 2007, los gerentes del programa de las EIP colaboraron con los gerentes del programa de Monitoreo de Inspecciones de Cuarentena Agrícola (AQIM, por sus siglas en inglés) para desarrollar un diseño de muestreo estadísticamente válido para las estaciones de inspección de plantas. El AQIM se utilizaba extensamente para llevar a cabo muestreos e inspecciones en envíos aleatorios utilizando un muestreo consistente y estadísticamente diseñado; pero se enfocaban exclusivamente en material no propagativo. Al reconocer la gran diferencia en la composición de los envíos entre las estaciones de inspección de plantas, el AQIM se intentó en cinco de las 16 ubicaciones de EIP. Aunque la selección de las muestras se ajustó según las condiciones locales en las ubicaciones respectivas, las diferencias en la composición de envíos no permitieron un muestreo exitoso del AQIM.

En el 2010, el grupo de trabajo de EIP de PPQ y el nuevo director de Salvaguarda de Plantas e Identificación de Plagas se reunieron con analistas de datos y con expertos en estadística para lanzar dos iniciativas: 1) un programa potencial de liberación agilizada para material propagativo; y 2) un programa de muestreo para el material propagativo que llegaba a las estaciones de inspección de plantas.

- 1) El Programa de Monitoreo para Liberación de Material Propagativo se inició utilizando parámetros similares a los del Programa Nacional de Liberación de Productos Agrícolas (NARP, por sus siglas en inglés) que ya se estaba utilizando para otros envíos agrícolas. Según los parámetros del NARP, la lista de materiales elegibles se limitaba a 23

combinaciones de país/producto. Es decir, para formar parte del programa de liberación, los envíos solo podían incluir esas 23 combinaciones. Este requisito se volvió problemático para la industria porque estas combinaciones se observaban principalmente en solo 2 de las 16 ubicaciones de las EIP. En consecuencia, el programa de monitoreo para liberación de material propagativo basado en el programa NARP resultó fallido en el ambiente de las EIP.

- 2) Sin embargo, el trabajo para elaborar un programa de muestreo para envíos que llegan a las estaciones de inspección de plantas (EIP) se veía prometedor y el grupo se puso de acuerdo en el siguiente conjunto de principios para el muestreo:
- Estadísticamente robusto
 - Operacionalmente factible
 - Aleatorio y representativo en todo el envío
 - Capaz de establecer una base estadística de referencia (un punto de partida)
 - Alineado con los objetivos del plan estratégico de las EIP.

Plan estratégico de las estaciones de inspección de plantas

La necesidad de contar con un programa de muestreo se destacó en los objetivos 1 y 4 del plan estratégico de las EIP, el cual exigía un programa de muestreo con base estadística para proporcionar a los gerentes del programa la información útil para establecer prioridades de inspección, evaluar las necesidades de personal, manejar la carga de trabajo y evaluar las tendencias. (Véase la figura abajo.)

USDA
United States Department of Agriculture

Plan estratégico de las EIP

Objetivo 1: Asegurarse de que las EIP tengan la infraestructura y recursos para aprobar envíos eficazmente a raíz del mayor volumen y complejidad del comercio.

Objetivo 1.1: Conocer la carga actual y proyectada de trabajo, las tendencias del comercio y el efecto de los cambios reglamentarios propuestos y otras iniciativas en la infraestructura y recursos de las EIP.

Objetivo 1.3: Establecer un enfoque estratégico para llevar a cabo actividades en las EIP y manejar la carga de trabajo.

Objetivo 4: Asegurarse de que las EIP usen datos e información adecuada para identificar e inspeccionar el material y las vías de mayor riesgo.

Objetivo 4.1: Colaborar con los grupos adecuados para desarrollar la capacidad en las EIP para reunir y analizar la información destinada a determinar el riesgo y fijar prioridades de inspección.

4.2.5. Establecer y usar un marco analítico que determine el riesgo con el fin de fijar prioridades de inspección (materiales y/o vías de alto riesgo):

- Determinar lo que está entrando (género, especie y cultivar) y la vía (cómo entra).
- Determinar de dónde viene el material/envío (verdadero país de origen, país de tránsito y lugar de producción):

Expansión a las estaciones de inspección de plantas de PPQ

El nuevo programa de muestreo de las EIP se lanzó a inicios del año fiscal (AF) 2014, después de varios meses de trabajo realizado por analistas de datos, expertos en estadística y el grupo de trabajo del programa. Se elaboró un plan de muestreo, se diseñó una herramienta de muestreo y se establecieron las tasas de muestreo. El personal capacitado de PPQ colaboró con la industria, se comunicó con los interesados y luego puso en práctica el nuevo programa de muestreo por medio de una expansión escalonada. Para los inicios del AF 2015, todas las ubicaciones de EIP estaban utilizando el siguiente proceso:

- muestrear el envío usando la herramienta de muestreo;
- permitir que la herramienta determinara el número de unidades de muestreo tomadas del envío;

- las unidades de muestreo serán representativas en todo el envío; y
- se inspeccionará el 100% de todas las muestras extraídas.

Terminología: Como parte de la expansión, los gerentes del programa impartieron una capacitación que incluyó el uso de terminología consistente para usar la herramienta de muestreo:

- **Unidad de inspección:** El (a) taxón, cultivar o variedad individual claramente definida como proveniente de (b) una misma fuente (la misma finca o agricultor) y en (c) condición similar (p. ej., acodo aéreo (AL), raíz desnuda (BR), esqueje con callo (CC), esqueje enraizado (RC), esqueje no enraizado (URC), etc.) en la factura, lista de empaque o certificado fitosanitario.
- **Unidad de muestra:** El elemento más pequeño y más conveniente de una unidad de inspección disponible para ser seleccionado durante el proceso de muestreo (p. ej., bolsa, caja, manojito)."
- **Unidad vegetal:** La unidad más pequeña en la unidad de inspección (p. ej., esqueje, planta, tallo)."

Herramienta de muestreo: Como parte de la expansión, los gerentes del programa impartieron una capacitación que mostraba la forma de utilizar estos elementos en la herramienta de muestreo. La figura mostrada a continuación indica una sola partida tomada de una factura.

Item Description	Code/Código	Boxes/Cajas	Piezas/Unidades
Croton Petra URC 8"	213-237	25	10,000

Muestreo basado en el riesgo
Estimación de tamaño de muestra e identificación de unidades a muestrear según el riesgo del producto

Insumos de unidades de inspección

(A) Número total de taxones en la unidad de inspección: 1

(B) Número total de unidades de muestreo en la unidad de inspección: 25

(C) Número total de unidades vegetales en la unidad de inspección: 10000

(D) Nivel de riesgo del producto
 Alto Medio

Productos del análisis

(E) Cantidad de cajas a inspección: 25

(F) Números de cajas a inspección: 25

Calcular Limpiar

Ejemplo sencillo del uso de la herramienta de muestreo fundamentado en el riesgo entregada a las EIP en 2014

- 1 solo taxón
- 25 cajas (unidad de muestreo)
- 10,000 unidades vegetales

Digite las cantidades y los productos del análisis:

- Cantidad de cajas (o unidades de muestra) a inspeccionar
- Determina cuáles números se van a inspeccionar

Este ejemplo parece sencillo; sin embargo, cuando se lidia con envíos, existen algunos desafíos reales.

Confrontación con la realidad: El MFR en el mundo real

Tan sencillo como puede parecer el uso de esta herramienta de muestreo, es importante comprender que envíos específicos pueden presentar desafíos reales y que los parámetros flexibles ayudan a usar la herramienta de manera exitosa. Los envíos que llegan a cualquiera de las 16 EIP de PPQ pueden variar enormemente en cuanto al tipo de carga, el volumen del envío y la forma en que la industria embala y expide el envío. Existe la tendencia a enfocarse en los importadores de gran volumen o en las EIP que reciben los envíos más grandes; sin embargo, los envíos de menor volumen también son importantes para el comercio. Se necesitan hacer ajustes en la intensidad o la frecuencia de las inspecciones al considerar todas las formas en que el envío se embala y se importa. A continuación, se muestran algunos ejemplos.

Uniformizar, mezclar y entremezclar

El embalaje del envío y las configuraciones del envío crearon algunos desafíos durante la implementación de la herramienta de muestreo. Las tres configuraciones que se encuentran

comúnmente incluyen uniforme, mezclado y entremezclado. El envío uniforme es aquel en el que todo el producto del envío pertenece al mismo taxón. El envío mezclado es aquel en donde el producto pertenece al mismo taxón dentro de las unidades de muestra, pero hay una mezcla de taxones en el envío. El envío entremezclado es aquel en el que existe una mezcla de taxones, tanto dentro de las unidades de muestra como en todo el envío.

Surgen diferentes desafíos operacionales cuando se utiliza la herramienta de muestreo para cada una de estas tres configuraciones. Es clave permitir que los inspectores tengan la flexibilidad de enfrentar estos desafíos del mundo real para usar con éxito la herramienta de muestreo.

“Uniformizar” – El envío uniforme

La imagen a continuación muestra un envío “uniforme” que está compuesto de un solo taxón. No hay otros productos en el envío. El color rojo representa los taxones del envío. Los taxones se distribuyen entre 18 cajas diferentes dentro del envío.

Configuración de carga: Uniforme (no entremezclada)
 Todo el envío compuesto de un solo taxón

Cajas, manojos, bolsitas:
 Muestreo sencillo según las unidades

Esta línea negra representa todo el cargamento (envío). Puede ser un contenedor marítimo, un contenedor de aerolínea, un furgón.

Cada cuadrado representa una unidad de muestreo (caja, manajo, bolsita, bandeja, etc.).

El color representa los taxones en el envío. Este envío contiene un solo taxón.

En este ejemplo de 18 cajas, cada punto representa 250 unidades vegetales para conformar un total de 18,000 unidades vegetales en este envío. Las cajas pueden contener una unidad de muestra más pequeña (a saber, bolsitas dentro de la caja). El inspector define qué unidad de muestra va a utilizar y luego digita la información adecuada en la herramienta de muestreo.

<p>USDA United States Department of Agriculture</p> <p>Cajas: (1000 por caja, 18 cajas) Bolsitas: (200 bolsitas por caja; total 3600 bolsitas c/u 5 plantas)</p>	
<p>Insumos de unidades de inspección</p> <p>(A) Número total de taxones en la unidad de inspección: 1</p> <p>(B) Número total de unidades de muestreo en unidad de inspección: 18</p> <p>(C) Número total de unidades vegetales en la unidad de inspección: 18000</p> <p>(D) Nivel de riesgo del producto: <input type="radio"/> Alto <input checked="" type="radio"/> Medio</p>	<p>Insumos de unidades de inspección</p> <p>(A) Número total de taxones en la unidad de inspección: 1</p> <p>(B) Número total de unidades de muestreo en unidad de inspección: 3600</p> <p>(C) Número total de unidades vegetales en la unidad de inspección: 18000</p> <p>(D) Nivel de riesgo del producto: <input type="radio"/> Alto <input checked="" type="radio"/> Medio</p>
<p>Productos del análisis</p> <p>(E) Cantidad de cajas a inspección: 2</p> <p>(F) Números de cajas a inspección: 3, 12</p>	<p>Productos del análisis</p> <p>#1) Cantidad de cajas a inspección: 2</p> <p>#2) Números de cajas a inspección: 215 455 695 935 1175 1415 1655 1895 2135 2375 2615 2855 3095 3335 3575</p>

En el ejemplo anterior, titulado Cajas, el inspector usa las 18 cajas como unidad de muestreo. Después que se digitan el taxón (1), las unidades de muestreo (18) y las unidades vegetales (18,000), la herramienta indica la cantidad de cajas que se deben inspeccionar. En este caso ilustrativo, se inspeccionarían dos cajas (la caja 3 y la 12) para llegar a un total de 2,000 unidades vegetales.

En el ejemplo de arriba, titulado Bolsitas, el inspector determina que se dispone de una unidad de muestra pequeña. Cada caja contiene 200 bolsitas. Cada bolsita contiene 5 unidades vegetales. Después de digitar el taxón (1), las unidades de muestreo (3,600) y las unidades vegetales (18,000),

la herramienta indica la cantidad de bolsitas que se deben inspeccionar: se inspeccionarán 15 bolsitas hasta llegar a un total de 75 unidades vegetales.

En ambos ejemplos, la herramienta especifica qué unidad o unidades de muestreo se van a inspeccionar para garantizar una distribución aleatoria del muestreo. Las unidades más pequeñas de muestra permiten inspeccionar menos unidades vegetales.

¿Qué desafío presenta un envío “uniforme”? En el mundo real de los envíos, no todo se embala en cajas o manojos o bolsitas nítidas. Algunos envíos de material vegetal llegan en torres y algunos llegan en jabas a granel. En las torres (foto 1, abajo a la izquierda), el inspector tiene la flexibilidad de determinar la unidad de muestra. Cada anaquel puede representar una unidad de muestra; sin embargo, para lograr una mejor distribución de la muestra en todo el envío, los inspectores buscan divisores en los estantes. Esto aumenta la cantidad de unidades de muestra, lo que potencialmente disminuye las unidades vegetales reales en la muestra; pero crea una mejor distribución de la muestra para inspección extraída del envío. En los envíos de jabas a granel (foto 2, abajo a la derecha) no hay divisores, sin embargo el inspector siempre necesita asegurarse de tener un muestreo representativo de todo el envío.



Foto 1: Envío de un solo taxón en torre



Foto 2: Envío de un solo taxón a granel

Los envíos a granel también pueden llegar a la estación de inspección de plantas cargados en el contenedor de transporte. Tanto en los envíos a granel como en las torres, la unidad vegetal se puede usar como unidad de muestra:

USDA
United States Department of Agriculture

Opción a granel: usar unidad vegetal como unidad de muestra

Insumos de unidades de inspección	
(A) Número total de taxones en la unidad de inspección	1
(B) Número total de unidades de muestreo en la unidad de inspección	18000
(C) Número total de unidades vegetales en la unidad de inspección	18000

Productos del análisis

(E) Cantidad de cajas a inspeccionar: 74

216 459 702 945 1188 1431 1674 1917 2160 2403
2646 2889 3132 3375 3618 3861 4104 4347 4590
4833 5076 5319 5562 5805 6048 6291 6534 6777
7020 7263 7506 7749 7992 8235 8478 8721 8964
9207 9450 9693 9936 10179 10422 10665 10908
11151 11394 11637 11880 12123 12366 12609
12852 13095 13338 13581 13824 14067 14310
14553 14796 15039 15282 15525 15768 16011
16254 16497 16740 16983 17226 17469 17712
17955

(F) Números de las cajas a inspeccionar

Unidades vegetales del envío después de muestreo

“Mezclar” – El envío mezclado

Esta imagen muestra un envío lleno de varias cajas de materiales. Cada color representa un taxón diferente en el envío. Aunque hay seis diferentes taxones en el envío, cada uno está separado de los demás, por lo que se crean 6 unidades de inspección en el envío. A fin de distinguir este tipo de envío de un envío mezclado dentro de las cajas (entremezclado), este se llamará envío mezclado.



Este es un envío típico recibido en muchas estaciones de inspección de plantas. Los envíos totales no son necesariamente grandes en volumen. Pueden representar diferentes tipos de material propagativo, diferentes orígenes o, en la mayoría de los casos, diferentes taxones. Con fines de simplicidad, se supone que existe la misma cantidad de unidades vegetales en este envío, con la misma cantidad en cada caja y bolsita. Cada color representa un taxón diferente en el envío. Según el uso actual de la herramienta de muestreo, hay diferentes formas de manejar este envío.

- 1) Ejecutar la herramienta para cada taxón individual usando la caja como unidad de muestra.
 - a. El resultado de la herramienta por taxón refleja la cantidad de cajas de cada taxón extraídas para inspección.
 - b. La menor cantidad de unidades de muestra refleja la inspección de un mayor número de unidades vegetales.
- 2) Ejecutar la herramienta para cada taxón individual usando una unidad más pequeña de muestra (p. ej., bolsitas) dentro de cada caja.
 - a. El resultado de la herramienta por taxón refleja la cantidad de bolsitas de cada taxón extraídas para inspección.
 - b. Las bolsitas aumentan la cantidad de unidades de muestra, lo que resulta en una mejor distribución de la muestra.
 - c. La mejor distribución de la muestra hace que se necesiten menos unidades vegetales para inspección.
- 3) Ejecutar la herramienta para cada taxón individual usando la unidad vegetal como unidad de muestra.
 - a. El resultado de la herramienta por taxón refleja la cantidad de unidades vegetales para inspección.
 - b. La mejor distribución de la muestra hace que se necesiten menos unidades vegetales para inspección.

USDA United States Department of Agriculture

Opciones de envíos mezclados:

TAXÓN	# de cajas	# unidades vegetales	Producto de herramienta por taxón		
			Por caja	Por bolsita	Por unidad veget.
	2	2000	(450)	15	73
	4	4000	1 caja	15	73
	5	5000	2 cajas	15	73
	1	1000	1 caja	15	71
	3	3000	1 caja	15	73
	3	3000	1 caja	15	73
Totales:	18	18000	7 cajas	90 cajas	436 plantas

Producto de la herramienta si todo se corre como envío entremezclado: Cajas: 6 (6000 plantas) Bolsitas: 92 (460 plantas)

4) Este envío también se puede ejecutar como todo un envío entremezclado, tal como se refleja en la parte inferior del gráfico.

Para hacerlo, el número total de taxones cambia a "6" para reflejar los diferentes taxones que hay en el envío.

Muestreo fundamentado en el riesgo

Estimación de tamaño de muestra e identificación de unidades a muestrear según el riesgo del producto

Insumos de unidades de inspección

(A) Número total de taxones en la unidad de inspección:

(B) Número total de unidades de muestreo en la unidad de inspección:

(C) Número total de unidades vegetales en la unidad de inspección:

(D) Nivel de riesgo del producto: Alto Medio

Productos del análisis

(E) Cantidad de cajas a inspección:

(F) Números de cajas a inspección:

En los ejemplos de arriba, no se hace ningún ajuste en la intensidad de las inspecciones con base en un nivel asignado de riesgo. Sin embargo, cada taxón en las unidades separadas de inspección en un envío mezclado tendrá un nivel diferente de riesgo. Sería adecuado ajustar la intensidad de la inspección para tomar en cuenta los diferentes niveles de riesgo de cada taxón en el envío.

En términos operacionales, puede que haya otros elementos comunes que se encuentren en un envío mezclado. Por ejemplo, el tipo y el origen del material propagativo puede ser el mismo en un envío mezclado, aunque haya múltiples taxones.

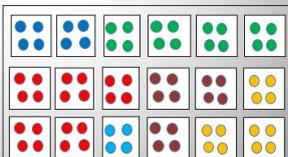
USDA United States Department of Agriculture

Configuración de carga: Mezclar

Consideraciones al ejecutar por cada taxón:

- El nivel de riesgo fija la intensidad
- La carga de trabajo de inspección se puede ajustar por taxón

Consideraciones al ejecutar: nivel de riesgo igual para todos

“Entremezclar” – El envío entremezclado

La imagen mostrada a continuación indica un envío con varias cajas de material. Cada color representa un taxón diferente en el envío. Los diferentes taxones están mezclados dentro de las cajas y mezclados en todo el envío. Este es un envío entremezclado.

USDA
United States Department of Agriculture

Configuración de carga: Entremezclar

Envío de muchos taxones diferentes, todos mezclados entre sí

**** La plaga cuarentenaria puede afectar todo el envío**

Muestreo fundamentado en el riesgo
Estimación del tamaño de la muestra e identificación de unidades para muestrear según riesgo del producto

Insumos de la unidad de inspección

(A) Número total de taxones en la unidad de inspección: 0

(B) Número total de unidades de muestreo en la unidad de inspección: 18

(C) Número total de unidades vegetales en la unidad de inspección: 18000

(D) Nivel de riesgo del producto
 Alto Medio

Productos del análisis

(E) Cantidad de cajas a inspección: 4

(F) Número de cajas a inspección: 5, 6, 11, 14, 17

Calcular Limpiar

En la mayoría de los casos, estos envíos vienen en cajas y embalados listos para su distribución. En términos operacionales, la forma más eficiente de utilizar la herramienta de muestreo para este envío es ejecutarla para todos los taxones juntos. Si las cajas contienen bolsitas, la herramienta de muestreo se puede ejecutar usando la bolsita como unidad de muestra, tal como se demostró anteriormente con el envío uniforme y el mezclado. Si el envío está entremezclado, entonces, se debe muestrear para tomar en cuenta los diversos niveles de riesgo de los taxones del envío. Una plaga cuarentenaria en un taxón puede llevar a decisiones que afecten todo el envío.

Claves para la implementación exitosa

Fuerza laboral

La introducción exitosa y el uso de una nueva herramienta o el ajuste de una herramienta existente dependen de los conocimientos y la participación de los inspectores de las EIP y de que compartan el análisis y la información de seguimiento.

La capacitación y la comunicación fueron parte importante de la planificación para integrar la herramienta de muestreo a los procesos de inspección. Los inspectores de las EIP solicitaron retroalimentación sobre los resultados del análisis de datos, los que en muchos casos validaban los conocimientos sobre riesgos de productos que los inspectores poseían por su experiencia. La retroalimentación inicial del análisis se presentó a todas las EIP en septiembre de 2016. Después de la presentación, los gerentes del programa de las EIP recibieron expresiones de aprecio de parte de los inspectores por los datos que se estaban utilizando y analizando para ajustes futuros. Este reconocimiento por parte de los inspectores contribuirá al éxito en el uso de la herramienta.

Dar a los inspectores opciones con respecto a la unidad adecuada de muestra para diferentes configuraciones de envíos (p. ej., uniforme, mezclado, entremezclado) permite flexibilidad para que los inspectores trabajen con los diversos importadores en las EIP.

Colaboración y retroalimentación con el personal de las EIP son claves para elaborar y utilizar eficazmente una herramienta de muestreo. Los comentarios de los inspectores que tienen conocimientos y experiencia en el mundo real acerca del embalaje y la distribución de envíos dan a los gerentes del programa una información valiosa para refinar la herramienta de muestreo y usarla más eficientemente. En resumen, la colaboración no solo aumenta el apoyo de los inspectores, sino

que también contribuye a darle un uso más exacto a la herramienta de muestreo y al proceso de inspección.

Industria

Colaborar con la industria también es una clave del éxito. Esto incluye participación a todos los niveles. La inclusión de inspectores y de la industria local en la discusión de las opciones de muestreo para envíos específicos presenta la oportunidad de evaluar los desafíos, al mismo tiempo que consideran a la industria, independientemente del tamaño de la operación y de la forma en que el producto se embala y se importa a la EIP. Este esfuerzo contribuye al éxito global de la implementación y al ajuste del MFR.

El muestreo fundamentado en el riesgo ofrece la capacidad de concentrar un mayor nivel de inspección en los productos de más riesgo, al mismo tiempo que brinda incentivos para las importaciones de menor riesgo. Cuando se contemplan incentivos a la industria, se deben considerar las diferencias en la configuración de los envíos, a fin de que todos los importadores tengan la oportunidad de cumplir con los criterios para recibir esos incentivos. Puede haber varias formas de examinar la manera de crear incentivos y así incluir los diversos tipos de envíos.

En un mundo “uniforme” eso es muy sencillo. Si el envío está “mezclado” o “entremezclado”, aumentan los desafíos. El tiempo que se necesita para inspeccionar también incluye el tiempo que se toma la industria para descargar el envío con el objeto de extraer las muestras del producto. El uso de la herramienta ayuda a proporcionar la distribución adecuada en todo el envío.

Hechos sobre los datos

Recolectar datos en sistemas creados para minimizar errores es importante para garantizarle datos limpios al analista. En las EIP, la herramienta de muestreo fundamentado en el riesgo se entregó durante una época en la que estaban cambiando los sistemas de recolección de datos. Proporcionando el historial de las fechas de implementación para el muestreo estadístico y los sistemas de datos ayuda a los analistas a trabajar con los datos más exactos disponibles en este momento.

- 2014 implementación escalonada de la herramienta de muestreo en las estaciones; datos limitados por la base de datos
- 2015 implementación completa de la herramienta de muestreo en todas las estaciones; datos limitados por la base de datos
- 2016 herramienta de muestreo en pleno uso; nueva base de datos con implementación escalonada en todas las estaciones
- 2017 herramienta de muestreo en pleno uso; nueva base de datos plenamente implementada en todas las estaciones

Los gerentes del programa y los analistas de datos siguen colaborando para ajustar los elementos de los datos, con el fin de garantizar una recolección más exacta de datos, no solo para apoyar los ajustes futuros del MFR, sino también para apoyar otros objetivos del programa.

Visión para el futuro

La ampliación de la herramienta de muestreo fundamentada en el riesgo en las EIP, seguida de los cambios en los sistemas de recolección de datos, ha proporcionado información para que los gerentes del programa y los analistas evalúen y hagan ajustes futuros al programa. Es importante que colaboren para evaluar las propuestas basadas no solo en los datos, sino también en la factibilidad de operación. Puede que se hagan ajustes futuros fundamentados en los taxones, el origen, el tipo de material propagativo u otros criterios.

Ormsby – Adelantos internacionales en la determinación de niveles de intervención en las vías de riesgo

Michael Ormsby

Ministerio de Industrias Primarias, Gobierno de Nueva Zelanda, Wellington, Nueva Zelanda

Palabras claves: tratamientos; fitosanitario; CIPF; material de embalaje de madera; eficacia

Resumen

En los últimos años, se ha emprendido en los niveles internacional, regional y de país una considerable investigación y análisis para elaborar métodos que determinen con más exactitud los niveles apropiados de mitigación de riesgo en las vías de riesgo. Se han utilizado estos métodos para determinar los niveles de intervenciones en las vías, incluidos los sistemas de inspección y muestreo, para las normas internacionales (NIMF) y en respuesta a las amenazas locales presentadas por plagas importantes, tales como las moscas de la fruta (Tephritidae) y la chinche apestosa marrón marmolada (*Halyomorpha halys*). Entre las herramientas utilizadas se encuentran las estadísticas bayesianas (red de Bayes) y los modelos de riesgo que incluyen atributos biológicos, tales como efectos de alelos, presión de propágulos y epidemiología de plagas. Este artículo describe cómo se pueden utilizar estos métodos para determinar los requisitos de funcionamiento para el muestreo y la inspección fundamentada en el riesgo.

Antecedentes

La inspección de productos vegetales previa a su venta ha estado ocurriendo desde que los humanos han canjeado bienes. Aunque durante la mayor parte de la historia tales inspecciones ocurrían en el punto de venta, al final de una sencilla cadena de suministro y relativamente cerca del lugar de producción, el comercio moderno tiene más probabilidades de ser internacional, involucrar cadenas de suministro más complejas y ocurrir a grandes distancias del lugar de producción. Para Nueva Zelanda, no fue sino hasta finales de la década de 1980 que comenzaron a desarrollarse sistemas más integrados para realizar las intervenciones, tales como inspecciones y tratamientos, más hacia atrás en la cadena de suministro, lejos del punto de venta en el país de importación y más cercano al lugar de producción en el país de origen (país exportador).

A principios del decenio de 1990, Baker *et al.* (1990) y Cowley *et al.* (1993) desarrollaron un enfoque para estimar el nivel de protección requerido para el material hospedante de moscas de la fruta proveniente de Australia. El modelo elaborado por estos autores formó la base del sistema de comercio de productos agrícolas frescos de Nueva Zelanda, establecido con Australia y otros países en esa época. Baker *et al.* (1990) propusieron un límite máximo de plagas que indicara el número máximo de juveniles de una plaga que se necesitaban en el punto de ingreso a un país para que hubiera suficientes adultos que se desarrollaran y posteriormente establecieran una población en la nueva área. El modelo descrito por Baker *et al.* (1990) y Cowley *et al.* (1993) indicó el tamaño de muestra requerida para lograr una evaluación exacta del nivel de infestación antes del tratamiento, con el fin de garantizar que cualquier medida fitosanitaria mitigara adecuadamente el riesgo. El modelo se respaldaba con siete supuestos (Baker *et al.*, 1990):

1. Se conoce el número promedio de moscas de la fruta dentro de una fruta infestada;
2. El lote (del producto fresco inspeccionado) es homogéneo (o casi homogéneo);
3. La tasa de detección por inspección es del 100%;
4. Se conoce la eficacia de la medida fitosanitaria (p. ej., un tratamiento) y no es necesario suponer que la eficacia del tratamiento es $1 - 9^{-1}$ (Cowley *et al.*, 1993);

5. La medida fitosanitaria actúa independientemente en diferentes individuos de la mosca de la fruta;
6. Las tasas de infestación de plagas solo se reducen con la medida fitosanitaria; y
7. Se conoce el tamaño máximo del lote armado por día en una ubicación (en el país de destino).

Usando un estimado del límite máximo de plaga (**LMP**), el número promedio de plagas por fruta infestada (μ), el tamaño máximo del lote armado (**V**) y la eficacia de la medida fitosanitaria requerida (**TE**), Baker *et al.* (1990) desarrollaron la siguiente ecuación básica para determinar la sensibilidad de detección (**SD**) de la muestra requerida antes del tratamiento:

$$SD = \frac{LMP}{\mu \times V \times TE}$$

Esta ecuación fue aplicada por Nueva Zelanda para determinar el tamaño de la muestra requerida antes que se aplicara cualquier tratamiento de eficacia conocida (Cowley *et al.*, 1993). La muestra antes del tratamiento garantizaba que la tasa de infestación no abrumara la eficacia del tratamiento (p. ej., que el número de sobrevivientes no superara el LMP). En cálculos no publicados, se estimó que el LMP era 5, el número promedio de plagas por fruta infestada (μ) era 15, el tamaño máximo del lote armado (**V**) era de 1,000,000 unidades y la eficacia del tratamiento (**TE**) era de 99.9933% (1 sobreviviente entre 15,000). Estos estimados ofrecían una sensibilidad de detección del 0.5% en las muestras seleccionadas, o sea, no más de 1 en 200 frutas infestadas con plagas. Luego, se calculó un tamaño de muestra de 600 utilizando una distribución hipergeométrica de probabilidades con un número de aceptación de cero.

Estos cálculos basados en el escenario del peor caso (1,000,000 de unidades acumuladas) permitieron a Nueva Zelanda establecer requisitos de cumplimiento relativamente sencillos. Se necesitaba extraer una muestra de 600 antes de aplicar un tratamiento (que alcanzaba o superaba una eficacia del 99.9933% de mortalidad de plagas) y si se encontraba cualquier plaga en la muestra al momento de inspeccionar, el lote se rechazaba para exportación a Nueva Zelanda. En este caso los resultados de cada muestra son independientes de todas las demás muestras.

Adelantos en el manejo de sistemas

En los últimos años, se ha emprendido en los niveles internacional, regional y de país una considerable investigación y análisis para elaborar métodos que determinen con más exactitud los niveles apropiados de mitigación de riesgos requeridos para las vías de riesgo. Se ha llegado a hacer más hincapié en este trabajo desde que se adoptó la norma fitosanitaria internacional sobre metodologías para muestreo de envíos (NIMF 31). El enfoque ha sido eliminar varios supuestos que habían apuntalado los cálculos del tamaño de la muestra y la eficacia requerida de las medidas, así como mejorar la versatilidad de las medidas fitosanitarias en toda la cadena de suministro.

Dos supuestos que han generado un análisis particular son las ‘tasas de detección de las inspecciones’ y la ‘mortalidad natural de las plagas’, los cuales se discuten a continuación.

Supuesto 1: La tasa de detección por inspección es del 100%

Ha sido habitual suponer que los métodos de inspección siempre tienen la probabilidad (100%) de detectar plagas cuando se encuentran presentes en el producto. Este supuesto es obvio en la aplicación casi universal de una tasa estándar de muestreo (p. ej., 60 o 600 unidades) por parte de varios países a muchos productos y vías, independientemente del tipo o naturaleza de la plaga o de su asociación con el producto. Este supuesto no es necesariamente respaldado por la información sobre la eficacia de los inspectores de fruta, capacitados y experimentados, para detectar plagas. Gould (1995) determinó que los inspectores que utilizan métodos destructivos de inspección (disección de la fruta) encontraban infestaciones con moscas de la fruta entre el 18% y el 84% de las veces (dependiendo del tipo de fruta y del inspector), con un promedio que rondaba en 44%.

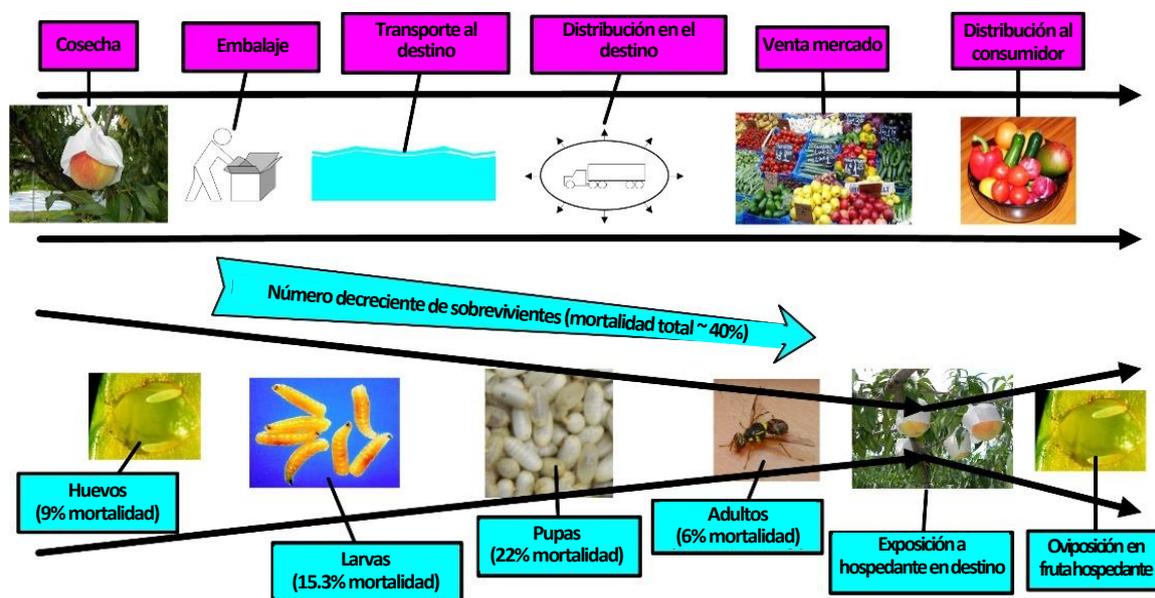
Perrone *et al.* (2013) diseñaron ensayos en los que el producto vegetal fresco se infestaba artificialmente a diversos niveles de prevalencia con varios artrópodos de tamaño y movilidad variable residentes en la superficie para probar si estas plagas eran fáciles de detectar en la inspección. Descubrieron que las plagas (o sus indicios), que eran suficientemente grandes como para verse claramente a simple vista o con una lupa, se encontraban sin dificultad. Los ensayos tuvieron dificultades con las plagas más pequeñas y más móviles, lo que resaltó la dificultad de llevar a cabo una investigación significativa en esta área (Perrone *et al.*, 2013).

No se han publicado esfuerzos adicionales o bien han sido pocos los trabajos de investigación sobre cómo medir la capacidad de las inspecciones para detectar plagas que infestan los productos vegetales.

Supuesto 2: Las infestaciones de plagas solo se reducen con medidas fitosanitarias

El número de plagas viables que infestan los productos agrícolas frescos en origen antes de embalsarse y transportarse tiene poca probabilidad de ser el mismo para cuando los productos llegan a su destino, aunque no se haya aplicado ninguna medida fitosanitaria. Es bien sabido que ocurre mortalidad natural a medida que las plagas pasan por su ciclo de vida, durante el transporte a una nueva área y cuando se exponen a un nuevo ambiente (p. ej., debido al clima, la depredación, etc.) (Ormsby 2012). Con la mortalidad natural que ocurre en la vía, para que un macho y una hembra tengan una probabilidad razonable de emerger y sobrevivir para reproducirse cuando el producto vegetal infestado llega al punto de venta (p. ej., a Nueva Zelanda), debemos comenzar con más que el LMP en el producto vegetal al momento de la infestación (p. ej., antes de la cosecha). La figura 1 presenta un ejemplo de una cadena de suministro en donde la mortalidad natural reduce las infestaciones de plagas por lo menos un 40% antes de llegar al punto de exposición en el destino.

Figura 1: Ejemplo de reducción en el nivel de infestación de plagas debido a la mortalidad natural



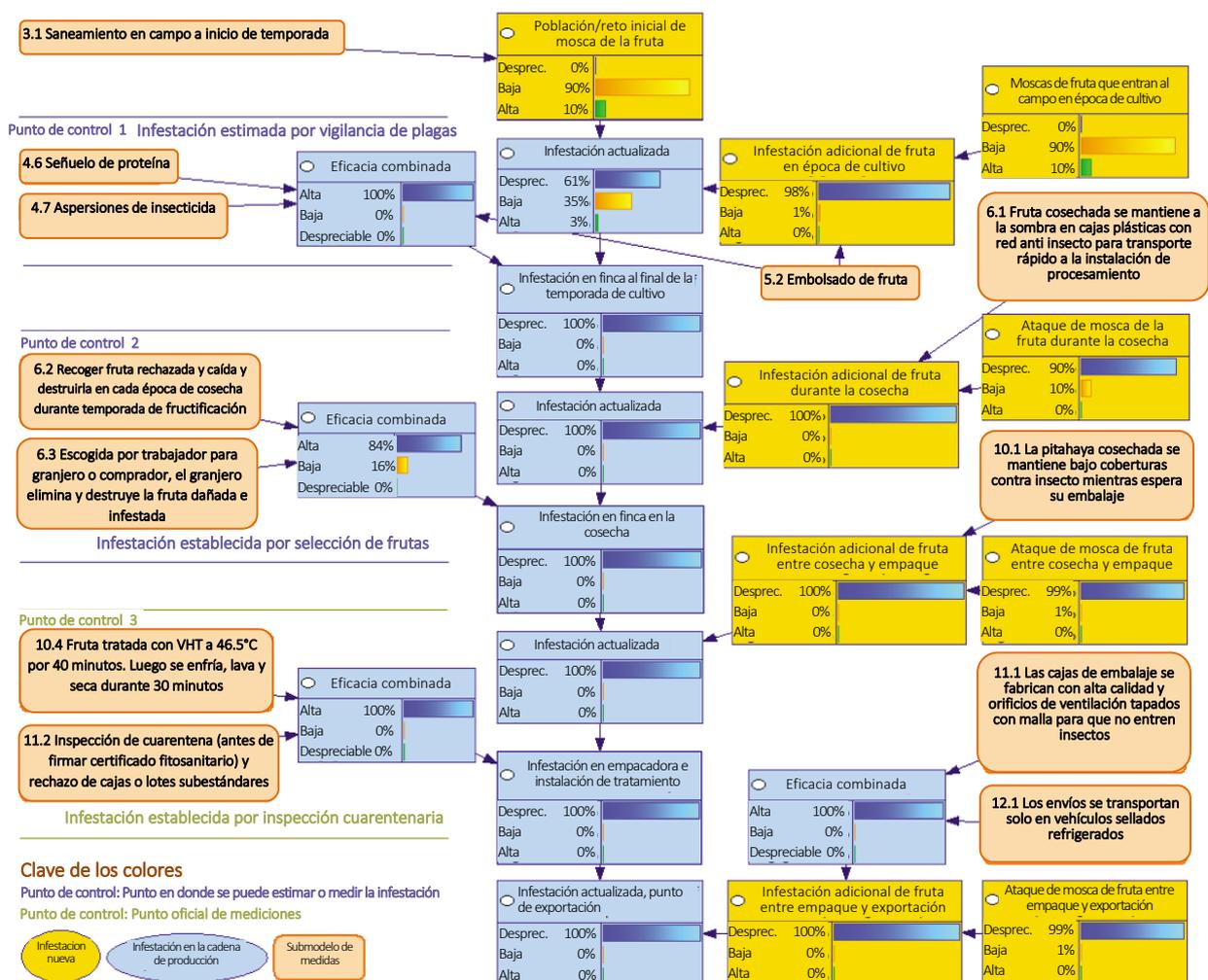
Al considerar el efecto que tiene la mortalidad de plagas, ya sea natural o inducida por el comercio, sobre el comercio internacional, se han reducido significativamente los niveles de intervención requeridos para mitigar el riesgo (Ormsby 2012). Actualmente, está en marcha en Nueva Zelanda una investigación sobre el uso de redes bayesianas para elaborar modelos en apoyo a decisiones que evalúen los riesgos de bioseguridad (Jamieson *et al.*, 2016). De la misma forma, el Panel de Sanidad Vegetal de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas en inglés) está desarrollando un método para evaluar el riesgo de plagas e identificar y evaluar las opciones de

reducción del riesgo que se concentra en los cambios de abundancia de las plagas durante el proceso de invasión (Gilioli *et al.*, 2017).

Mejorar la versatilidad de las medidas fitosanitarias en toda la cadena de suministro

La vinculación entre el almacenamiento posterior a la producción y la vía de transporte con la cadena de producción ofrece oportunidades de identificar más pasos de mitigación, incluido el uso de métodos estadísticos de muestreo. Quinlan *et al.* (2016), del programa de investigación Beyond Compliance, demostraron el uso de una red bayesiana de puntos de control (CP-BN) para presentar conocimientos fitosanitarios cotejados acerca de un sistema fundamentados en el riesgo. Cada CP-BN muestra las etapas a lo largo de la vía del proceso, por ejemplo, plantar, cultivar, cosechar, empacar y exportar. Las flechas unen estos puntos con las medidas asociadas de control, por ejemplo, tratamiento de materiales para plantar, aspersiones, vigilancia de plagas, embolsado de frutas e inspección. Los objetivos de cada una de estas medidas y las medidas de verificación también se identifican y se vinculan por medio de flechas (Quinlan *et al.*, 2016). En la figura 2, se presenta un ejemplo de una CP-BN para el manejo de la mosca de la fruta en pitahayas.

Figura 2. Ejemplo de la red bayesiana de Beyond Compliance con todas las medidas aplicadas, la que da un resultado efectivo aceptable en el punto de exportación (la última casilla en la cadena de producción, la casilla azul en el centro en la parte inferior) (tomado de Quinlan *et al.*, 2016) (VHT = tratamiento con calor de vapor)



Uso de métodos estadísticos de muestreo

El muestreo estadístico puede emplearse convenientemente en varios puntos de intervención en la cadena de producción y suministro. Sin embargo, cuando la inspección depende de la vista humana y la destreza mental, hay limitaciones prácticas sobre el tamaño de las muestras que se pueden tomar si se quiere mantener un rendimiento aceptable, incluso cuando se utilizan instrumentos tales como lupas. Las actividades repetitivas que producen logros no frecuentes probablemente reduzcan el rendimiento del muestreo en períodos extendidos, aun cuando se tomen muestras relativamente pequeñas.

Debe considerarse que el uso de muestras pequeñas para detectar poblaciones de plagas por encima del umbral de un LMP después de haber aplicado medidas fitosanitarias es inferior al óptimo. En el ejemplo brindado anteriormente, el LMP de 5 en un lote de 1,000,000 unidades (o bien, una tasa de infestación del 0.0005%) se considera aceptable. Una infestación de 10 en 1,000,000 unidades (o bien, una tasa de infestación del 0.001%) se consideraría un fracaso; sin embargo, una muestra de 600 (suponiendo un 100% de detectabilidad) solo tendría una probabilidad del 0.6% de detectar la infestación (p. ej., ofrece un nivel de confianza del 0.6% de que no se haya sobrepasado el LMP).

Mientras que el fracaso de una muestra (antes de aplicar las medidas fitosanitarias) tiene criterios claros y sencillos de decisión (p. ej., rechazo), el fracaso de una muestra después de aplicar medidas fitosanitarias podría teóricamente ocurrir bajo dos circunstancias:

1. El tratamiento fitosanitario ha fracasado o ha estado fallando parcialmente en múltiples lotes y la falla se ha finalmente detectado; o
2. La tasa de infestación está en o por debajo del LMP; sin embargo, con el tiempo se han extraído tantas muestras que hasta se ha detectado una plaga en un lote que cumple.

En el último caso, usando el ejemplo anterior de un LMP de 5 plagas en 1,000,000 unidades, en promedio, incluso a este bajo nivel de infestación se detectará una plaga una vez en cada 1,000 muestras independientes.

Conclusiones

El uso de métodos estadísticos de muestreo le ha permitido a Nueva Zelanda establecer requisitos de cumplimiento relativamente sencillos. Como el muestreo estadístico ofrece el mismo nivel de sensibilidad de detección en todas las muestras, los criterios de decisión para rechazar o aceptar un lote son también sencillos cuando la muestra se utiliza adecuadamente.

El muestreo estadístico, al igual que cualquier sistema de muestreo, tiene sus limitaciones. Cuando los umbrales de detección se encuentran muy por debajo de la sensibilidad de la muestra, los criterios de decisión se vuelven más complicados. En estas circunstancias, se pueden acumular los resultados de múltiples muestras para que sirvan de indicio del cumplimiento de la vía durante un período largo, tal como una temporada de producción.

El uso de análisis de la cadena de producción y suministro permite emplear el muestreo estadístico en numerosos puntos de intervención, tanto para ofrecer criterios sencillos de decisión como para medir todo el funcionamiento del sistema durante períodos largos.

El muestreo fundamentado en el riesgo puede brindar una medida consistente del umbral de infestación de plagas. Cuando se implementa el muestreo fundamentado en el riesgo en sistemas de inspección cuarentenaria, hay que tener cuidado de asegurarse de conocer cualquier limitación en la sensibilidad de detección y que las repercusiones de cualquier falla resultante se reconozcan plenamente y se integren en cualquier criterio asociado de decisión.

Referencias

- Baker R.T., Cowley J.M., Harte D.S., Frampton E.R. (1990) Development of a maximum pest limit for fruit flies (Diptera: Tephritidae) in produce imported into New Zealand. *Journal of Economic Entomology* 83: 13-17.
- Cowley J.M., Baker R.T., Harte D.S. (1993) Measurement of parameters and application of the maximum pest limit concept for importation of fruit fly (Diptera: Tephritidae) hosts. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 23: 713-728.
- Gilioli G., Schrader G., Gregoire J.-C., MacLeod A., Mosbach-Schulz O., Rafoss T., Rossi V., Urek G., van der Werf W. (2017) The EFSA quantitative approach to pest risk assessment – methodological aspects and case studies. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 0 (0), 1–7.
- Gould W.P. (1995) Probability of detecting Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae) infestations by fruit dissection. *Florida Entomologist* 78(3): 502-507.
- ISPM 31 (2008) Methodologies for sampling of consignments. Rome, IPPC, *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
- Jamieson L.E., Woodberry O., McDonald C.M., Ormsby M. (2016) Developing a generic biosecurity risk assessment model for imports. *New Zealand Plant Protection* 69: 186-199.
- Ormsby M. D. (2012) Potential level of protection required for fruit fly host material imported from Australia. Artículo técnico (borrador). Ministerio de Industrias Primarias de Nueva Zelanda: pp 17.
- Perrone S., Maynard G., Crowe B., Connel M., Papacek D., Hepworth G., Robinson A., Burgman M. (2013) Plant biosecurity: Detectability of arthropods in fresh produce consignments. ACERA 1006C: pp 33.
- Quinlan M.M., Mengersen K., Mumford J., Leach A., Holt J., Murphy R. (editors) (2016) Beyond Compliance. A Production Chain Framework for Plant Health Risk Management in Trade. Chartridge Books Oxford: pp 274.

Dikin – Perspectivas sobre el muestreo fundamentado en el riesgo que surgen del taller sobre muestreo en Indonesia

Antarjo Dikin

Director de Cuarentena Vegetal y Bioseguridad, Entidad de Cuarentena Agrícola de Indonesia
República de Indonesia

Resumen

Un taller sobre técnicas de inspección fitosanitaria conducido en 2016 en Indonesia identificó las fortalezas, debilidades y problemas del muestreo para inspección que ameritaban atención por parte de los países miembros de la Comisión de Protección Fitosanitaria de Asia y el Pacífico (APPPC). Se identificó que las limitaciones técnicas y las deficiencias de capacidad eran un asunto clave para los países de la APPPC. El taller reconoció que el primer paso para establecer sistemas creíbles de inspección que determinen la necesidad de medidas fitosanitarias consiste en proporcionar recursos y pericia adecuados para inspeccionar los envíos. Se determinó que el muestreo era un aspecto importante del diseño de las inspecciones, tanto para importaciones como para exportaciones. El taller acordó que las decisiones concernientes a los diseños de muestreo dependen del nivel apropiado de protección establecido por cada país, las plagas en cuestión, el uso destinado del producto, las técnicas existentes de muestreo y el historial de cumplimiento de la industria.

Antecedentes

La armonización de las medidas fitosanitarias es fundamental para facilitar el movimiento transfronterizo de plantas, productos vegetales y otros artículos reglamentados. Cada país tiene el derecho soberano de protegerse contra plagas cuarentenarias; cada país determina su propio nivel adecuado de protección para mantener la sanidad de las plantas en su país. Es importante que las técnicas adecuadas de muestreo para inspeccionar envíos brinden la confianza de que los envíos cumplen con el nivel adecuado de protección determinado para las plagas cuarentenarias. Las pruebas de laboratorio después de una inspección pueden fundamentar aún más el proceso para determinar el cumplimiento e indicar si se ameritan más medidas fitosanitarias.

Varias entidades y asociaciones de la industria ofrecen información sobre diferentes enfoques, técnicas y procedimientos para muestrear productos con fines fitosanitarios. Su aplicación depende de la inquietud que tenga cada país acerca de ciertas plagas cuarentenarias, la presencia de plagas en el envío (incluidos los patógenos transmitidos por semillas) y el tipo de plagas que constituyen el objetivo de la inspección. Esto crea una situación compleja que puede involucrar diferentes procedimientos de muestreo.

La implementación del Acuerdo sobre Facilitación del Comercio (AFC) de la Organización Mundial del Comercio (OMC) exige que la aprobación aduanera, incluida la inspección de envíos con fines fitosanitarios en los puertos de entrada, sea un proceso eficiente y fundamentado en el riesgo que no incurra en costos por estadía extendida debido a procedimientos ineficientes y engorrosos. Los enfoques estratégicos al aplicar las técnicas de muestreo fundamentadas en el riesgo para las plagas cuarentenarias en cuestión son consistentes con este objetivo.

Aplicación y restricciones del muestreo

Existen varias consecuencias asociadas con la selección de diferentes diseños de inspección y procedimientos de muestreo. Los requisitos establecidos por el país importador suelen definir los parámetros de inspección para expedir un certificado fitosanitario de exportación. Cuando se especifican, estos requisitos de importación deben ser comprensibles y prácticos. Los requisitos para la certificación fitosanitaria a menudo no especifican ni las plagas en cuestión ni el diseño de

inspección. Muchos avisos de incumplimiento se pueden vincular con la falta de especificaciones en los requisitos de importación.

El muestreo incorrecto para la inspección de envíos de exportación puede hacer que falle el certificado fitosanitario debido a la contaminación con plagas reglamentadas que se encuentren en el envío a su llegada. Los procedimientos de inspección en el puerto de entrada al país importador pueden ser rígidos para garantizar que los envíos cumplan con el nivel nacional de protección contra ciertas plagas cuarentenarias. La intensidad de esta inspección se contrapesa con el tiempo y los costos asociados con una inspección física en el puerto de entrada.

Los procedimientos de inspección cuarentenaria en el puerto de entrada también confirman la identidad e integridad de cada envío verificando la documentación, además de la inspección física. Puede que se encuentren plagas cuarentenarias vivas que iniciarían una notificación de incumplimiento a la ONPF exportadora. La comunicación acerca del incumplimiento entre las ONPF es una parte importante de la estrategia para mitigar el ingreso, el establecimiento y la dispersión de plagas cuarentenarias. Comúnmente, se utiliza un proceso establecido de notificaciones para estas comunicaciones o bien las reuniones bilaterales de expertos también pueden servir de medio para evaluar plagas y programas con el fin de impedir que se introduzcan plagas cuarentenarias.

La aplicación de técnicas de muestreo debe tener una tolerancia especificada para las plagas cuarentenarias, tanto en la inspección física como en las pruebas de laboratorio, y para las plagas no cuarentenarias reglamentadas asociadas con la inspección de semillas o de cualquier material de propagación. El nivel de tolerancia para las plagas interceptadas se debe notificar a la ONPF del país exportador, con el fin de evitar el rechazo de los envíos cuando lleguen.

Se necesita documentar el procedimiento de muestreo para darle seguimiento a cualquier incumplimiento, así como para identificar los puntos críticos en la cadena de suministro de la planta o del producto vegetal, desde la producción, el procesamiento y el embalaje hasta la certificación. Se anima a las pequeñas industrias involucradas en la exportación de plantas o productos vegetales a que documenten cualquier actividad crítica que evite la contaminación con plagas.

Los oficiales fitosanitarios procuran evitar que entren plagas cuarentenarias al país importador provenientes de países exportadores, sin impedir innecesariamente el comercio. El AFC de la OMC exige que el muestreo de envíos con fines de inspección fitosanitaria después de su llegada al puerto de entrada se lleve a cabo de manera eficiente y sin demoras prolongadas. Los países miembros de la OMC pueden establecer técnicas efectivas y eficientes de muestreo con base en un riesgo aceptable y a través de la colaboración entre ambos países para aplicar la aprobación pre-exportación de programas de certificación fitosanitaria.

La NIMF 32 (*Categorización de productos según su riesgo de plagas*) también es útil para muestrear porque identifica los productos según categorías de riesgo (elevado, medio o bajo riesgo). Los productos categorizados como de menor riesgo suelen requerir un muestreo menos extensivo, siempre que el envío no esté mezclado con otros productos que tengan una categoría de riesgo diferente. Esto permite dedicar más tiempo a la inspección de los productos de mayor riesgo.

Las técnicas de muestreo descritas en la NIMF 31 fomentan la confianza en la detección de plagas cuarentenarias en el envío. Sin embargo, no todos los envíos se pueden muestrear utilizando el mismo enfoque estadístico. La técnica de muestreo que se vaya a utilizar también depende de la plaga en cuestión, el volumen de productos y las condiciones para el muestreo. Puede que se necesite un muestreo sesgado en favor de la detección para circunstancias específicas, tales como la detección de insectos en el almacenamiento de un envío a granel, debido a que los insectos vivos se esconden principalmente en áreas oscuras a temperaturas de alrededor de 24-28°C.

Los procesos de certificación de exportaciones (p. ej., inspección, tratamiento y otras mitigaciones emprendidas y descritas por el país exportador en una declaración adicional) pueden complementar o afectar la intensidad del muestreo de las importaciones. Sin embargo, la capacidad de los países exportadores para presentar tales certificaciones varía y la experiencia pasada puede afectar las decisiones del país importador con respecto al tipo e intensidad de inspección que se aplicará al momento de importación.

Reconocer el uso destinado de un producto también puede afectar la técnica de muestreo. Los productos destinados al consumo o al procesamiento tienen inherentemente menos riesgo porque la clasificación, molienda, calentamiento u otros procesos mitigan el riesgo de plagas. Un buen ejemplo lo constituyen los granos de trigo o de maíz a granel destinados a la fabricación de harina o piensos. El muestreo se puede hacer en una instalación de procesamiento o en un expendio de ventas para evitar demoras en la descarga, sobre todo cuando las instalaciones portuarias tienen un área limitada. También se pueden inspeccionar los granos destinados al consumo, a los piensos o a la molienda en busca de patógenos transmitidos por semillas (p. ej., *Tilletia* spp). Puede que sea difícil inspeccionar y extraer muestras de bolsas de productos a granel y quizá requieran de más recursos de personal y tiempo.

La ubicación física de la inspección y el muestreo puede ser una zona abierta o una instalación cerrada. La ubicación es importante de considerar debido a la posibilidad de que escapen plagas vivas durante la inspección y el muestreo. Ciertas plagas de interés deberán ser identificadas en el laboratorio, dependiendo de la etapa en la vida del insecto, tal como las larvas de la mosca de la fruta en las frutas frescas.

El muestreo de envíos pequeños de plantas o materiales propagativos de riesgo particularmente elevado y de gran valor puede ser difícil. La Asociación Internacional de Comercio de Semillas (ISTA, por sus siglas en inglés) ofrece orientación sobre las técnicas de muestreo de semillas para detectar patógenos transmitidos por semillas en los envíos pequeños. Una alternativa es la germinación posentrada, seguida de observación de los síntomas de las plántulas.

Armonización del Acuerdo sobre Facilitación del Comercio de la OMC con los principios fitosanitarios

Hay iniciativas estratégicas en las técnicas de muestreo para la inspección fitosanitaria que pueden evitar las demoras en la aprobación aduanera y facilitar el comercio, a saber:

- Monitorear el cumplimiento de las industrias con los requisitos fitosanitarios del país importador y ofrecerles recompensa o castigo, según corresponda, con base en el desempeño.
- Los importadores que demuestren un historial de cumplimiento podrían ganarse el privilegio de recibir una inspección menos frecuente/intensiva en el puerto de entrada y estarían sujetos a un monitoreo aleatorio en las instalaciones del importador después de la importación.
- Los sistemas electrónicos integrados de manejo de riesgos en el proceso de aprobación aduanera podrían identificar los envíos riesgosos, los envíos que históricamente cumplen y los niveles apropiados de muestreo necesarios para fines fitosanitarios antes de la llegada al puerto de entrada.

Conclusiones

Las técnicas de muestreo juegan un papel esencial en la implementación adecuada de medidas fitosanitarias fundamentadas en la inspección para garantizar que las plantas y los productos vegetales cumplan con los requisitos de entrada al país importador. El muestreo se puede hacer en el puerto de entrada para inspeccionar las importaciones o antes de la exportación para obtener la certificación fitosanitaria de las exportaciones, de conformidad con las NIMF pertinentes. La técnica

de muestreo debe ser flexible para tomar en cuenta el nivel apropiado de protección, las plagas cuarentenarias en cuestión, el uso destinado del producto, las técnicas existentes de muestreo y el desempeño de cumplimiento de la industria.

Referencias

FAO (2005). NIMF 23 Directrices para la inspección, CIPF.

FAO (2008). NIMF 31 Metodologías para muestreo de envíos, CIPF.

FAO (2009). NIMF 32 Categorización de productos según su riesgo de plagas, CIPF.

FAO (2016). NIMF 7 Sistema de certificación fitosanitaria, CIPF.

OMC (2017). Acuerdo sobre facilitación del comercio.

Lee – Muestreo fundamentado en el riesgo – Una opinión del sector hortícola canadiense

Rebecca Lee

Directora Ejecutiva, Consejo Hortícola Canadiense

El Consejo Hortícola Canadiense (CHC) es una asociación voluntaria nacional sin fines de lucro con sede en Ottawa que representa a los agricultores de frutas y hortalizas en todo Canadá que participan en la producción de más de 120 diferentes tipos de cultivos en más de 27,500 fincas, cuyos ingresos agrícolas fueron de C\$6 millardos en 2016.

Desde 1922, en colaboración con los miembros del gobierno, el CHC ha abogado por temas importantes que afectan el sector hortícola de Canadá, promoviendo los alimentos saludables, inocuos y sostenibles y garantizando el éxito continuado de nuestra industria, al mismo tiempo que se ofrecen alimentos nutritivos a nuestras comunidades. El CHC facilita la recopilación de comentarios sectoriales a las consultas del gobierno y coordina proyectos y el financiamiento de investigación para responder a las necesidades priorizadas. El CHC se concentra en cinco áreas principales: mano de obra; comercio y comercialización; normas e inocuidad alimentaria de la industria; financiamiento y administración de empresas; y cultivos, protección fitosanitaria y el medio ambiente. Aunque los impactos se consideran en toda la horticultura, el CHC también puede enfocarse en inquietudes específicas de cinco grupos de productos: manzanas y árboles frutales; papas; hortalizas de invernadero; bayas y hortalizas de campo.

Inspecciones actuales en la horticultura: exportaciones e importaciones

Las principales exportaciones de Canadá se realizan actualmente hacia los Estados Unidos, en donde los requisitos fitosanitarios son mínimos para la mayor parte de las frutas y hortalizas exportadas. Las excepciones son las papas y las plantas para plantar. Los convenios internacionales y los acuerdos bilaterales deben ser tomados en cuenta, ya que se han negociado requisitos específicos de importación que suelen implicar un enfoque de sistemas (buenas prácticas de manejo; NIMF14) e inspección. En el caso de plantas para plantar, las inspecciones se efectúan durante la temporada de cultivo, lo que entonces permite trasladar el material de viveros durante el invierno. La industria ha estado solicitando menores niveles de inspección cuando existe menos riesgo.

Actualmente, existen inspecciones focalizadas al momento de la importación. Una nueva combinación de producto/origen está sujeta a una inspección del 100% durante un período de prueba para asegurarse de que los requisitos acordados mitigan el riesgo fitosanitario. Las tasas de inspección vuelven a lo normal al final del período de prueba. Las diferentes tasas de inspección para diferentes tipos de importaciones varían entre elevadas (100%), medianas (15-20%) y bajas (5-10%). Para sectores alimentarios específicos, la Agencia Canadiense de Inspección de Alimentos (ACIA) ha empezado a utilizar evaluaciones del riesgo basadas en el establecimiento.

Programa de análisis de la podredumbre anular bacteriana (*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*) en semillas de papa

La podredumbre anular bacteriana (PAB) está presente en muchos países del mundo. El Programa Canadiense de Certificación de Semillas (CSCP, por sus siglas en inglés) está bajo la jurisdicción federal (ACIA) y se aplica en toda la nación. Todas las semillas de papa cultivadas en Canadá están certificadas bajo el CSCP. Se exige analizar los lotes de semillas en busca del agente causal de la PAB, en virtud de la legislación federal *Reglamento de semillas* Parte II (2). El objetivo consiste en avanzar hacia la erradicación funcional de la PAB en el sistema canadiense de certificación de semillas y en el sistema canadiense de papas, en general. Esto depende de múltiples intervenciones o análisis en varios pasos a lo largo del proceso de certificación de semillas. Considerados en su conjunto, estos

variados puntos de análisis a lo largo del sistema de certificación de semillas ofrecen una mejor probabilidad de detectar la PAB.

Toda granja que produzca semillas de papa tiene la obligación de analizar al menos dos lotes de semillas al año en busca de la PAB. Los lotes de semillas que se van a analizar se determinan con base en la prioridad, a saber, los lotes de semillas destinados a cultivarse para aumentar la producción en la siguiente temporada en esa granja O BIEN los lotes de semillas que tienen la máxima cantidad de generaciones (p. ej., Foundation vs. Elite III). Las muestras se pueden tomar de los tallos en el campo o de los tubérculos cosechados.

Todos los envíos de lotes de semillas pertenecientes a las clases Elite II, Elite III, Elite IV y Foundation deben ser analizados en busca de la PAB. Se le puede permitir a un agricultor que envíe semillas de papa de las clases Pre-Elite, Elite I y Certified sin análisis adicional, si se ha analizado el mínimo anual de dos lotes de semillas y se encontraron libres de PAB. Igual que arriba, los lotes de semillas se seleccionan según la prioridad, si están destinados a ser plantados en las granjas de agricultores de semillas en la próxima temporada y si los lotes tienen el máximo número de generaciones.

Cuando Canadá tuvo un problema más amplio con la PAB en la década de 1960, el muestreo fue muy intensivo. Una vez que se redujo significativamente la incidencia de la PAB, Canadá pasó a un nivel de análisis de “mantenimiento” basado en el tamaño del lote de semillas. Un régimen normal de análisis se basa en el área sembrada. Por ejemplo, para 4 a 40 hectáreas, se deben muestrear 400 tallos o tubérculos. Para áreas más grandes (más de 40 ha), se deben muestrear 800 tallos o tubérculos.

Si se ha detectado la PAB en una unidad de producción agrícola en los últimos seis años, la recolección de muestras la hace la ACIA y se utiliza un régimen intensificado de análisis de la PAB durante los siguientes tres años. Esto significa que para los campos de 1 ha o más, se deben analizar un mínimo de 1000 tubérculos o tallos. Estos regímenes intensificados de análisis vienen acompañados de medidas adicionales, incluyendo el muestreo de todos los demás lotes de semillas en la granja, la pérdida del estatus de semilla para todas las semillas de papa producidas en la granja e investigaciones de rastreo hacia atrás y hacia adelante, además de restricciones adicionales impuestas y monitoreo cercano de la granja por parte de la ACIA durante varios años.

Existen muchos debates sobre la probabilidad de detección y el tamaño de la muestra. El costo de alcanzar altos niveles de detección puede ser prohibitivo cuando el evento es muy raro. Por ejemplo, la probabilidad de detectar PAB con una incidencia del 0.1% es de aproximadamente 33% en una muestra de 400 tubérculos o tallos y aproximadamente 70% en una muestra de 1,200 tubérculos o tallos. Los puntos múltiples de análisis incrementan la probabilidad de detección de la PAB en el sistema de certificación de semillas.

Desde la producción hasta la exportación e importación, existen muchos pasos para reducir la PAB en el programa de certificación de semillas de papa. Primero, la producción de papas se basa en un sistema de vaciado total (*flush-through*) para certificar la semilla. En este sistema, la mayor parte de la semilla plantada debe provenir de granjas analizadas anualmente en busca de la PAB o bien debe ser sometida a análisis. La semilla también se somete a análisis en varios puntos del sistema de certificación. La inspección en campo mejora la vigilancia de la PAB gracias a la detección de síntomas visuales en el cultivo de las semillas, en tanto que la inspección de los tubérculos ofrece una inspección secundaria visual en busca de síntomas de la PAB antes del envío. Finalmente, cuando la semilla es importada por medio de fuentes no estadounidenses o canadienses, la cuarentena posentrada elimina la introducción de la PAB. En general, el enfoque canadiense ha resultado en un sistema muy eficaz para detectar y manejar la PAB, pues únicamente se ha encontrado una granja de semillas en Canadá positiva para PAB en los últimos 5+ años.

Perspectivas desde otras organizaciones

Los métodos de muestreo son diferentes para plantas ornamentales. Cuando las inspecciones se llevan a cabo en bulbos, se notifica primero al importador y luego se utiliza un generador de números aleatorios para determinar cuáles cajas se someterán a la inspección. La cantidad de bulbos que se inspeccionan se basa en el tamaño del lote y en el historial de cumplimiento del exportador.

Para las semillas canadiense (excluidas las semillas de papa), se emplean estrategias alternas de muestreo. Los requisitos actuales incluyen el muestreo de lotes pequeños de semilla, lo que se ha vuelto un problema asociado con la certificación de exportación y el movimiento de la semilla para programas de investigación y mejoramiento genético, principalmente cuando existe el requisito de usar un método de análisis molecular. El muestreo basado en los enfoques hipergeométricos también exige tamaños de muestras que suelen ser igual de grandes o más grandes que todo el lote de semillas (NIMF 31). La Asociación Canadiense de Comercio de Semillas (CSTA, por sus siglas en inglés) apoya la selección de tamaños de muestras según la epidemiología del patógeno (concepto de unidad de infección), lo que podría resultar en tamaños de muestras mucho menores (la *American Seed Trade Association [ASTA]* y la *International Seed Federation [ISF] [ISHI-Veg]* están preparando un protocolo). La CSTA también favorece el uso de enfoque de sistemas para mitigar el riesgo fitosanitario. Los tamaños de muestra se podrían ajustar para detectar plagas en un nivel menor de detección que el nivel cero (Probit 9).

Se podrían aprovechar más oportunidades de muestreo fundamentado en el riesgo como parte del proceso de inspección cuando se requiera en los nuevos mercados de exportación. Sin embargo, el MFR podría ser desafiante de implementar porque tendría que negociarse con el socio comercial, más probablemente país por país.

El CHC está creando otras oportunidades al colaborar con iniciativas nacionales. Entre estas se encuentran:

- La red nacional de sanidad vegetal
 - Red de laboratorios que trabajan sobre plantas limpias, comenzando con fresas y uvas.
- Estrategia canadiense de sanidad vegetal y animal.
 - Amplias consultas en toda la nación en 2016-17, cuya propuesta final fue aprobada en julio 2017.
 - Un sistema fundamentado en la prevención, recolección e intercambio de información, la coordinación mediante alianzas y la influencia en el comportamiento. En los próximos años se trabajará en los detalles y la implementación.

Epanchin-Niell y Liebhold – Fundamento de las estrategias económicamente eficaces para reducir el riesgo de plagas presentado por importaciones de plantas vivas

Rebecca Epanchin-Niell, Resources for the Future

Andrew Liebhold, Servicio Forestal del USDA, Estación de Investigación del Norte

Resumen

Las importaciones de plantas vivas son un insumo clave para las industrias hortícolas nacionales; pero también constituyen una vía primaria para las introducciones de invertebrados y patógenos exóticos. Se dispone de una variedad de medidas de bioseguridad –que van desde la mitigación en el extranjero, pasando por la inspección y el tratamiento fitosanitario en la frontera hasta la cuarentena y el monitoreo posentrada– para reducir el riesgo de importar plagas vegetales. ¿Cómo se pueden diseñar estas políticas y medidas para reducir los riesgos de plagas provenientes de las importaciones de plantas vivas, al mismo tiempo que también se mantienen las ventajas del comercio? Aquí informamos los hallazgos de un trabajo en marcha resultante de un esfuerzo colaborativo de investigación que se enfoca en diseñar políticas económicamente eficientes para reducir el riesgo de plagas presentado por las importaciones de plantas vivas. Los hallazgos de la investigación incluyen la elaboración de enfoques de inspección fundamentados en el riesgo y destacan cómo al tomar en cuenta los objetivos de las partes interesadas se puede mejorar la eficacia económica de las políticas para prevenir invasiones.

Antecedentes

Los Estados Unidos importan más de un millardo de plantas vivas al año. Las plantas vivas son un insumo clave para la industria hortícola interna, ya que ofrecen a los consumidores nacionales el acceso a diversas plantas, de bajo costo para sus hogares y jardines. Sin embargo, las plantas vivas también constituyen una importante vía para la introducción de invertebrados y patógenos exóticos perjudiciales. Por ejemplo, la palomilla marrón de la manzana (*Epiphyas postvittana*), la roya ampulante del pino blanco (*Cronartium ribicola*), el escarabajo de cuernos largos de los cítricos (*Anoplophora chinensis*) y la muerte súbita del roble (*Phytophthora ramorum*) son ejemplos de plagas perjudiciales que se cree se han introducido en plantas vivas importadas. Saber manejar eficientemente el riesgo de esta vía de invasiones es un importante desafío mundial que debe sopesar los costos y beneficios de las diferentes políticas, así como los incentivos y las posibles consecuencias imprevistas planteadas por esas políticas.

Al reconocer los desafíos presentados por la importación de plantas vivas, convocamos un esfuerzo colaborativo de investigación respaldado por el Centro Nacional de Síntesis Socio-Ambiental (SESYNC, por sus siglas en inglés), destinado a estudiar la vía de las plantas vivas y diseñar políticas económicamente eficientes para reducir el riesgo de plagas presentado por las importaciones de plantas. Este grupo de trabajo reunió a partes interesadas, formuladores de políticas y diversos investigadores (entre ellos, economistas, ecólogos, entomólogos, fitopatólogos) para estudiar esta vía y las opciones normativas disponibles. Consideramos la gama de políticas de salvaguarda disponibles, desde manejar las prácticas de producción de plantas en el extranjero hasta inspeccionar y controlar las importaciones en frontera, y exploramos los costos y beneficios de las diferentes políticas, los incentivos que inducen en productores e importadores y cómo la focalización eficaz de las políticas puede reducir los riesgos, al mismo tiempo que se mantienen los beneficios. Este esfuerzo ha producido nuevos conocimientos e ideas normativas y una variedad de productos finalizados y por terminarse que ayudaran a fundamentar un manejo más eficaz.

Al reconocer que el presente puede a menudo ser mejor comprendido si se estudia el pasado, una publicación derivada de este esfuerzo explora la historia de la política fitosanitaria en los Estados Unidos, relata cómo los entomólogos llegaron a identificar por primera vez el problema de las

invasiones de plagas vegetales y describe los intentos de reducir la introducción de plagas por medio de esfuerzos de reglamentación (Liebhold and Griffin, 2016). A principios y mediados del siglo XIX, había poco reconocimiento de que el movimiento de plantas pudiera ser perjudicial y las sociedades de aclimatación – cuyo propósito era contribuir a la madre naturaleza mediante la introducción de especies– eran comunes. Sin embargo, surgió una creciente inquietud acerca de los organismos exóticos a finales del siglo XIX después que se detectaron brotes de especies, tales como el piojo de San José, *Quadraspidiotus perniciosus*, que se introdujo a San José, California, en árboles importados de China. Después de varios esfuerzos iniciales de reglamentación, la Cuarentena 37 – la primera política importante de Estados Unidos que reglamentaba las plantas para plantar – finalmente se puso en práctica en 1919, pero no sin cierta resistencia presentada por los intereses hortícolas. Esta reglamentación, aunque ha cambiado sustancialmente desde su inicio, sigue siendo una política clave de salvaguarda y las tensiones entre los intereses comerciales y los deseos de reducir el riesgo de plagas siguen influyendo en la política.

Aunque se han alcanzado grandes logros en la reducción del riesgo de plagas importadas en los últimos 100 años, suelen existir largas demoras entre el momento en que se establecen las especies invasoras y cuando su daño se manifiesta, de tal forma que las protecciones reglamentarias laxas de hace un siglo siguen siendo una fuente de daños actuales en el paisaje (Liebhold and Griffin, 2016; Epanchin-Niell and Liebhold, 2015). Además, puede que los beneficios de las nuevas políticas para reducir el riesgo de plagas no se sientan durante décadas, aunque los costos son más inmediatos, lo que aumenta los desafíos para lograr un diseño normativo eficaz.

Para reducir el riesgo de plagas se dispone de una variedad de medidas, que van desde la reglamentación en la producción de plantas pasando por las prohibiciones o restricciones a los bienes importados hasta los tratamientos antes y después de su entrada. Para importar nuevos productos vegetales, los EE.UU. exigen que los países soliciten un permiso que cuando se expide puede imponer ciertas condiciones a las importaciones, tales como restricciones de temporada o geográficas, certificación de áreas libres de plagas o la especificación de tratamientos obligatorios antes de su entrada. Además, el país exportador debe expedir un certificado fitosanitario en el que se manifieste que se han cumplido las condiciones requeridas para la exportación y que las plantas se han inspeccionado y están libres de plagas. Las evaluaciones del riesgo de plagas, usualmente realizadas por el país importador, evalúan el riesgo de las importaciones de plantas y sirven de justificación técnica de los requisitos de importación. A su entrada en los EE.UU., todas las importaciones de plantas pasan por una de las 17 estaciones de inspección de plantas, en donde se inspeccionan los envíos en busca de la presencia de plagas que ameritan una acción cuarentenaria. Si se encuentra una plaga, los envíos pueden ser tratados, rechazados o destruidos para evitar la introducción de la plaga. Si una plaga logra evadir la detección inicial en frontera, la detección temprana y la respuesta rápida pueden ser las siguientes líneas de defensa. La industria ha instaurado medidas voluntarias y procedimientos de trazabilidad para algunos productos importados. Como observación importante, los productores en el extranjero suelen obtener beneficios al garantizar prácticas y envíos de producción limpia, ya que tales prácticas aumentan la calidad del producto exportado, al mismo tiempo que reducen el riesgo de pérdidas debido a infestaciones perjudiciales en los invernaderos de producción, interceptaciones de plagas en los envíos inspeccionados en frontera o porque se retira del mercado el material infestado que ya está en la cadena de distribución.

La rigurosidad y los tipos de políticas de salvaguarda instauradas varían sustancialmente entre los países importadores. Otra publicación que surge de nuestro grupo colaborativo de trabajo condujo a una comparación entre países con respecto a su legislación y reglamentaciones fitosanitarias que rigen la importación de plantas vivas (Eschen *et al.*, 2015). De los 10 países/regiones comparados, los autores descubrieron que Australia y Nueva Zelanda tienen los requisitos más rigurosos, incluido un enfoque de lista blanca a las importaciones que solo permite importar especies de plantas que se han colocado en una lista “segura”. En comparación, Europa quizá tenga el enfoque más abierto, ya

que ni siquiera exige un permiso de importación para los productos nuevos, pues facilita un solo permiso global para todas las plantas para plantar. Eschen *et al.* (2015) también buscaron evidencia de la eficacia de diversas medidas; pero descubrieron que la falta de datos adecuados obstaculizaba la evaluación. La mayoría de los países carece de datos de inspección, sobre todo acerca de los resultados negativos de la misma. Una mayor cantidad de datos integrales sobre importaciones y detecciones permitiría conducir una mejor evaluación de los riesgos y tendencias asociados con las importaciones de plantas vivas y la eficacia de las medidas fitosanitarias.

Debido al riesgo de plagas asociado con las importaciones de plantas vivas, diversos activistas han pedido prohibir la importación de plantas vivas, citando mayormente las ventajas que se obtendrían al reducir el riesgo de plagas; pero a menudo sin discutir mucho sobre los costos potenciales de esta política (p. ej., Roy *et al.*, 2014). Sin embargo, una evaluación económica de tal política tendría que sopesar los costos potenciales de tal prohibición en relación con los beneficios esperados, así como la distribución de esos valores. Actualmente, nuestro grupo está trabajando en ese análisis para importaciones de plantas leñosas. Este estudio comparará los beneficios de bienestar derivados de la importación de plantas vivas contra los riesgos planteados por tales importaciones y cómo los costos y beneficios relativos pueden variar dependiendo de cuán relacionadas están las importaciones con los géneros de plantas estadounidenses que serían susceptibles a las plagas recién introducidas. Este tipo de análisis se enfrenta con una variedad de limitaciones de datos, tales como la falta de datos necesarios para estimar las tasas de introducción de plagas en importaciones de plantas, así como datos sobre el valor de los posibles daños causados por estas plagas. Una característica clave de este análisis consiste en tomar en cuenta estas incertidumbres.

Otra complicación subestimada de la prohibición generalizada a las importaciones es que aunque tal política eliminara las importaciones legales, es también probable que resulte en un aumento de importaciones no autorizadas, ya que la demanda de nuevos materiales vegetales permanecería. Por eso, aunque el volumen de plantas importadas disminuiría, lo riesgoso del material importado probablemente aumentaría porque no estaría sujeto a la gama de medidas (desde la certificación fitosanitaria hasta la inspección) que se requieren para las importaciones autorizadas. Se deben considerar tales consecuencias imprevistas en el diseño de políticas eficaces. De hecho, las importaciones de plantas no autorizadas, por correo y en envíos por mensajería, equipaje de pasajeros y carga, son fuentes importantes de plagas, tanto las que ya se han introducido como las que presentan el riesgo de ser introducidas en el futuro. La cuantificación de la diversidad y el volumen de las importaciones no autorizadas de plantas es otro tema que actualmente está siendo investigado por nuestro grupo de trabajo.

Las inspecciones fronterizas del material importado proporcionan otros medios clave para prevenir la introducción de plagas. Los tres principales objetivos de las inspecciones en frontera son: 1) adquirir información acerca del riesgo de plagas en las diferentes vías, inmediatamente y con el transcurso del tiempo (usada para fundamentar otras medidas o requisitos), 2) prevenir la introducción de plagas por medio de la detección y mitigación de envíos infestados y 3) disuadir (mediante la amenaza de rechazar, destruir o tratar costosamente los envíos) a los exportadores para que no envíen material infestado. Aunque las inspecciones ofrecen beneficios claves, no es posible inspeccionar todo el material vegetal importado debido a las restricciones de capacidad y de recursos. Además, las inspecciones son imperfectas. Como tales, surge una pregunta normativa importante: ¿Cómo se pueden asignar los recursos limitados de inspección entre los diversos envíos para minimizar el riesgo de plagas? Nuestro grupo de investigación publicó dos artículos que abordan esta pregunta. Específicamente, los artículos consideran el diseño óptimo de una estrategia de inspección fundamentada en el riesgo para abordar el problema de asignar los recursos escasos de inspección fronteriza entre los envíos, con el fin de minimizar la aceptación de envíos infestados o de unidades vegetales infestadas. Aunque tiene sentido intuitivo que se deban dirigir más recursos de inspección a los envíos más riesgosos que a los menos riesgosos, un desafío normativo clave consiste en saber exactamente cuántos recursos se deberían asignar.

Una publicación (Springborn *et al.*, 2016) considera un sistema de inspecciones fundamentadas en el riesgo, en el cual el regulador categoriza cada producto (p. ej., un género de plantas proveniente de un origen dado) en un grupo de riesgo bajo o riesgo elevado, según su registro histórico de inspecciones. El grupo de alto riesgo es inspeccionado con más intensidad y los productos se pueden pasar a un grupo diferente a medida que se actualiza su registro de inspecciones. Para poner en práctica esta política, el regulador debe especificar el umbral de la tasa de interceptaciones que diferencia los grupos de riesgo bajo y elevado, así como la frecuencia con la cual se inspecciona cada grupo. Los exportadores luego responden a esta política decidiendo cuánto disminuir el riesgo de la plaga, a fin de minimizar los costos esperados a largo plazo de las inspecciones, interceptaciones y esfuerzos de mitigación (reconociendo que todas las inspecciones, interceptaciones y mitigaciones representan un costo para los importadores). Para fundamentar el diseño normativo, Springborn *et al.* (2016) modelizaron las inspecciones de importaciones de plantas utilizando un modelo de monitoreo y aplicación dependiente del estado para identificar la política (es decir, las reglas para pertenecer a los grupos y la intensidad de las inspecciones en todos los grupos de riesgo) que minimice la entrada de envíos infestados, tomando en cuenta las respuestas de mitigación de los exportadores. El modelo se calibró utilizando datos históricos de inspección.

Springborn *et al.* (2016) encontraron que al pasarse a esta forma de inspección fundamentada en el riesgo se podía reducir en una quinta parte la tasa de envíos infestados que se aceptan en los EE.UU. sin ningún recurso adicional de inspección. Esta reducción del riesgo de plagas ocurre porque se destina una mayor cantidad de recursos de vigilancia a los productos más riesgosos y porque se aumentan los incentivos para que los importadores lleven a cabo más mitigación de plagas con el fin de reducir sus costos de inspección e interceptación a largo plazo. Específicamente, los productores con artículos en el grupo de alto riesgo tienen el mayor incentivo de limpiar sus envíos porque se inspeccionan con más frecuencia y las interceptaciones son costosas. También, al limpiar sus envíos, tienen más oportunidad de calificar para el grupo de menor riesgo, en donde serían inspeccionados con menos frecuencia (lo que reduce los costos de inspección e interceptación). Como asunto interesante, también se espera que los exportadores del grupo de bajo riesgo mitiguen más al amparo de esta política fundamentada en el riesgo que bajo una política de inspección uniforme, aunque sean inspeccionados con menos intensidad. Esto ocurre porque quieren asegurarse de permanecer en el grupo de bajo riesgo, en donde incurren menos costos asociados con la inspección. Por eso, los exportadores en ambos grupos, tanto el de alto como el de bajo riesgo, tienen mayores incentivos para mitigar cuando están sujetos a una política de inspección fundamentada en el riesgo que bajo las inspecciones uniformes. Springborn *et al.* (2016) dan ideas sobre cómo se podría implementar tal política.

El segundo artículo del grupo sobre inspección fundamentada en el riesgo (Chen *et al.*, pendiente de publicación) se enfoca menos en los incentivos ofrecidos por dicho programa a los exportadores y más bien se enfoca en cómo los diferentes tipos de planes de muestreo (es decir, la cantidad de plantas inspeccionadas por envío) pueden minimizar el riesgo de aceptar unidades vegetales infestadas. El artículo utiliza la cantidad de unidades vegetales infestadas para representar la presión de los propágulos de plagas, reconociendo que la presión de los propágulos es un determinante clave de una introducción exitosa de plagas. Teórica y empíricamente, el artículo identifica las estrategias para asignar el esfuerzo de inspección entre los envíos –según sus tasas subyacentes de infestación y los diferentes tamaños de envíos–, con el objeto de minimizar la cantidad esperada de unidades vegetales infestadas que se aceptan en el país, dadas las restricciones de capacidad de los inspectores. Los autores desarrollaron un enfoque estadístico para estimar las tasas subyacentes de infestación de productos fundamentados en datos históricos de inspección, utilizando datos sobre tamaños de muestras y resultados. Los autores también derivan una fórmula para calcular el número esperado de unidades vegetales infestadas aceptadas (la fuga esperada) según el tamaño de un envío, el tamaño de la muestra inspeccionada, la tasa subyacente de infestación del producto y la eficacia de la inspección. Entonces, la pregunta es cómo asignar un presupuesto de muestreo entre

los envíos entrantes de plantas vivas para minimizar los costos totales de las fugas (es decir, las plantas infestadas que se aceptan en el país). En otras palabras, ¿cuántas plantas se deben muestrear de cada envío para minimizar la cantidad de unidades vegetales infestadas que se aceptan?

Cuando se aplican a los datos históricos de importaciones de plantas e inspecciones, Chen *et al.* descubrieron que para alcanzar este objetivo, las inspecciones deben destinarse óptimamente a los envíos más grandes que tienen las mayores tasas de infestación de plantas y que algunos envíos pueden dejarse sin inspeccionar. Esta estrategia de inspección (focalizarse en los envíos más grandes y más sucios) redujo sustancialmente las fugas esperadas, en relación con otras dos estrategias de inspección consideradas: la inspección del dos por ciento (2%) de unidades vegetales en cada envío y el muestro hipergeométrico para garantizar un 95% de probabilidad de detectar una infestación, si al menos el 5% de las unidades vegetales de un envío estaban infestadas. Bajo la estrategia de muestreo óptimo fundamentado en el riesgo desarrollada en este artículo, las fugas esperadas se redujeron entre el 29% y el 59%, en comparación con las estrategias alternativas de muestreo. El artículo también considera que puede ser deseable inspeccionar todos los envíos en un nivel de referencia básica (p. ej., para recolectar datos y disuadir), en vez de dejar algunos envíos sin muestrear. Los autores descubrieron que cuando se lleva a cabo una inspección integral de referencia básica, si se asigna cualquier capacidad adicional a los envíos más grandes con las mayores tasas de infestación de plantas, los inspectores aún pueden alcanzar sus objetivos dobles de minimizar los costos de las fugas y mantener el muestreo de referencia sin transigir sustancialmente.

Conclusiones

En su conjunto, estos estudios resaltan tanto la complejidad como los acomodos inherentes en el manejo de los riesgos presentados por el comercio. Un artículo pendiente de publicación sintetizará los hallazgos del grupo y resaltará cómo el diseño normativo puede afectar la manera en que los costos y beneficios se reparten entre las diferentes partes interesadas –desde productores en el extranjero a importadores, consumidores y al público en general–, incluidos los que se benefician de los recursos que corren riesgo con la introducción de plagas exóticas. Como se destaca aquí, las inspecciones fronterizas bien diseñadas ofrecen oportunidades clave de conocer y manejar mejor los riesgos y que el reconocimiento de los objetivos de las partes interesadas pueden mejorar la eficacia del diseño de bioseguridad. La recolección continuada y mejorada de datos –incluidos los de importaciones autorizadas y no autorizadas– permitirá un refinamiento adicional para manejar con más eficacia el riesgo presentado por las importaciones de plantas vivas.

Agradecimientos

Este trabajo es fruto del grupo de trabajo sobre “Globalización del comercio de plantas vivas: fundamento de las estrategias eficientes para reducir el riesgo de invasiones de plagas exóticas” (Co-PIs Epanchin-Niell and Liebhold) que recibió el apoyo del Centro Nacional de Síntesis Socio-Ambiental (SESYNC), gracias a la donación DBI-1052875 de la National Science Foundation (NSF). Los autores reconocen con agradecimiento a los participantes del grupo de trabajo por sus ideas y comentarios, así por su protagonismo en la investigación aquí descrita. También agradecemos especialmente a Bob Griffin y Cathy Sue Katsar por brindarnos su apoyo inapreciable en datos y por compartir sus conocimientos sobre política fitosanitaria y necesidades de información. Este esfuerzo no hubiera sido posible sin su pericia y apoyo. También agradecemos al Eastern Forest Environmental Threat Assessment Center y a USDA-APHIS-PPQ por el apoyo financiero a varios de los proyectos. Los participantes del grupo de trabajo son: Kerry Britton, Eckehard Brokerhoff, Cuicui Chen, Rene Eschen, Bob Griffin, Robert Haight, Cathy Sue Katsar, Erik Lichtenberg, Lars Olson, Amy Rossman, Cliff Sadof, Alberto Santini y Mike Springborn.

Referencias

- Chen, C., R. Epanchin-Niell, and R.G. Haight. (pendiente de publicación). Optimal Inspection of Imports to Prevent Invasive Pest Introduction. *Risk Analysis*.
- Epanchin-Niell, R.S. and A. Liebhold. (2015). Benefits of invasion prevention: effect of time lags, spread rates, and damage persistence. *Ecological Economics*. 116:146-143
- Eschen, R., Britton, K., Brockerhoff, E., Burgess, T., Dalley, V., Epanchin-Niell, R.S., Gupta, K., Hardy, G., Huang, Y., Kenis, M., Kimani, E., Li, H.-M., Olsen, S., Ormrod, R., Otieno, W., Sadof, C., Tadeu, E. and Theyse, M. (2015). International variation in phytosanitary legislation and regulations governing importation of plants for planting. *Environmental Science and Policy* 51: 228-237.
- Liebhold, A., R. Griffin (2016). The legacy of Charles Marlatt and efforts to limit plant pest invasions. *American Entomologist*. 62(4): 218–227.
- Roy, B.A., Alexander, H.M., Davidson, J., Campbell, F.T., Burdon, J.J., Sniezko, R. and Brasier, C., 2014. Increasing forest loss worldwide from invasive pests requires new trade regulations. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 12(8), pp.457-465.
- Springborn, M., A.R. Lindsay, R.S. Epanchin-Niell. (2016). Harnessing enforcement leverage at the border to minimize biological risk from international live species trade. *Journal of Economic Behavior and Organization*. 132(B):98-112.

Springborn *et al.* – Inspección fundamentada en el riesgo: fijación de parámetros normativos para usar su influencia en la aplicación

Michael R. Springborn, Amanda R. Lindsay y Rebecca S. Epanchin-Niell

En este informe, describimos nuestra reciente investigación para fundamentar el diseño y evaluar las ventajas de un programa de inspecciones fundamentadas en el riesgo (IFR) para examinar los bienes importados en la frontera de Estados Unidos (Springborn *et al.*, 2016). Por mucho tiempo, la importación de plantas vivas ha sido una vía para la introducción involuntaria de plagas de insectos y patógenos exóticos a los EE.UU. Este vector del comercio internacional ha estado creciendo con rapidez: en las últimas cuatro décadas, el valor monetario de las importaciones de plantas para plantar en los EE.UU. ha crecido un 68% por década (MacLachlan *et al.*, 2017). Como los recursos para inspeccionar estos bienes no han crecido al mismo ritmo, existe la creciente necesidad de replantear la eficiencia de las estrategias para inspeccionar envíos.

Recientemente, el USDA-APHIS ha explorado la posibilidad de pasarse de un enfoque relativamente uniforme de inspección de envíos a un enfoque de IFR que concentre el esfuerzo en las fuentes de importación que exhiben historiales de inspección más problemáticos. Aunque la idea básica de la IFR es sencilla, el diseño del sistema real es complicado debido a que participan miles de productores en el extranjero, cada uno de ellos con la probabilidad de adaptar su comportamiento a cualquier cambio en la estrategia de inspecciones en frontera. En la investigación presentada en Springborn *et al.* (2016), evaluamos cómo se puede diseñar eficazmente tal sistema: ¿cómo se debería categorizar a los productores en grupos de alto riesgo versus bajo riesgo y cuán diferentemente deberían tratarse estos grupos (p. ej., en la intensidad de las inspecciones)?

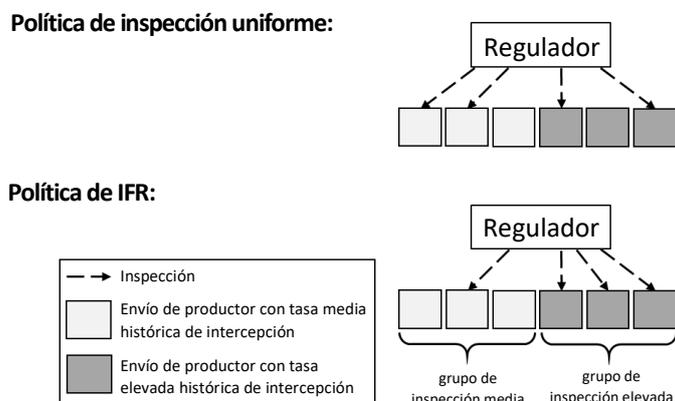
Con el uso de un modelo numérico calibrado a los datos sobre importaciones e inspecciones estadounidenses, encontramos que la adopción de la IFR puede ofrecer un *mayor* incentivo a los productores para que limpien sus envíos, incluso a los productores inspeccionados con *menos* intensidad, que bajo el enfoque uniforme de inspecciones. Estimamos que al pasarse a un enfoque de IFR se puede reducir en una quinta parte la tasa esperada de envíos infestados que entran en los EE.UU., con solo reasignar los recursos existentes.

[Reseña de los procedimientos de inspección](#)

La inspección de importaciones de plantas vivas implica que un inspector examine las plantas individuales de un envío en busca de señales de plagas o daño causado por plagas. Los envíos inspeccionados que se encuentran infestados –a los que llamamos ‘envíos interceptados’– pueden ser tratados, destruidos o devueltos, lo que impone un costo al productor e impide la entrada de las plagas asociadas. Los envíos infestados pueden entrar en los EE.UU. si no se detectan plagas en la inspección o si no se inspecciona un envío. Cuando no se interceptan los envíos infestados, estos continúan hacia su destino propuesto. Como el proceso de inspección toma tiempo, los envíos inspeccionados que no son interceptados aun generan costos a los productores debido al retraso y a la utilización de valiosos recursos de inspección.

Siguiendo el enfoque del APHIS, diferenciamos los envíos según su combinación de origen-producto, en donde el origen es el país de exportación y el producto es el género de la planta. A estas combinaciones únicas de origen-producto, las llamamos ‘productores’.

Figura 1: En una inspección uniforme, todos los envíos enfrentan la misma probabilidad de inspección. De conformidad con la inspección fundamentada en el riesgo (IFR), los envíos de mayor riesgo se inspeccionan con más frecuencia que los de menor riesgo.



Tal como se ilustra en la [figura 1](#), en un enfoque uniforme, el regulador inspecciona a todos los productores con igual probabilidad. En contraste, bajo la política de IFR, los productores se dividen en grupos de riesgo medio y elevado, según sus tasas históricas de intercepción, las que constituyen un registro que caracteriza los resultados previos de las inspecciones. Los productores que tengan una elevada tasa histórica de intercepción son asignados al grupo de riesgo elevado y son sometidos a inspecciones más frecuentes. Las tasas históricas de intercepción se actualizan continuamente para que incorporen los resultados de inspecciones recientes y capten el deterioro o la mejora en la limpieza de un productor. Por lo tanto, los productores pueden moverse del grupo de riesgo medio al grupo de riesgo elevado y viceversa, según su desempeño.

Modelización de la inspección fundamentada en el riesgo

En nuestro modelo de IFR, el regulador anuncia un umbral de corte que determina cómo se tratará a los productores: los que tienen tasas de intercepción por encima del umbral se colocan en el grupo de alto riesgo mientras que el resto queda en el grupo de riesgo medio. El regulador también anuncia cómo difieren las frecuencias de inspección entre los grupos. Los productores responden escogiendo su nivel de esfuerzo fitosanitario para reducir las infestaciones en sus envíos, con el objetivo de minimizar sus pérdidas esperadas. Estas pérdidas potenciales se originan en los costos del esfuerzo fitosanitario, las demoras por la inspección en la frontera, los costos causados por los envíos interceptados y la prohibición total de entrar al mercado, si las tasas de intercepción son extremas. El esfuerzo fitosanitario es costoso; pero reduce el nivel esperado de todas las demás pérdidas.

Por lo general, es imposible que los productores controlen con certeza las infestaciones. Tampoco es posible que las inspecciones en frontera intercepten todos los envíos infestados. Por eso, modelizamos la incertidumbre de estos dos componentes. Empíricamente, fundamentamos el análisis utilizando datos sobre importaciones de plantas vivas y resultados de las inspecciones de envíos para estimar los parámetros del modelo. También calibramos nuestro modelo de la conducta de los productores, para que el modelo imite los resultados globales de la inspección observados en los datos.

La política de inspecciones procura minimizar el número de envíos infestados que entran por una frontera nacional dada. Identificamos la política que minimice la tasa esperada de aceptación de estos envíos infestados. El enfoque normativo en la inspección destaca el rol de las intercepciones fronterizas para prevenir la introducción de plagas. Sin embargo, en la realidad –y en nuestro modelo–, la reducción de envíos infestados aceptados se da principalmente debido al incentivo que

tienen los productores para limpiar sus envíos en origen y solo secundariamente debido a las interceptaciones en frontera. Un modelo integral capta la amenaza de las últimas sobre el primero.

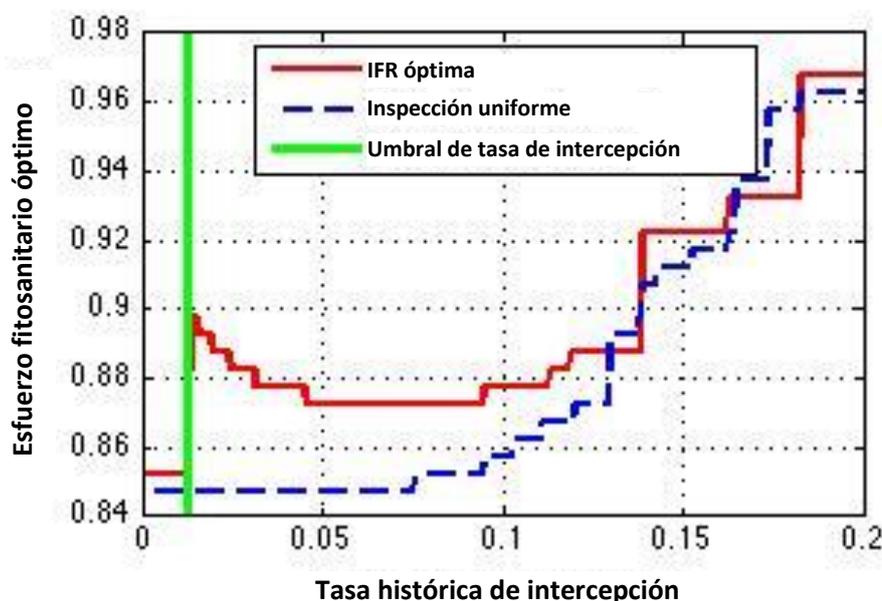
Beneficios y diseño de una política de IFR

Comparamos una política de IFR con la política de inspecciones uniformes para evaluar las ventajas potenciales. Bajo una política de IFR, los envíos procedentes de productores extranjeros de alto riesgo se inspeccionan *más* frecuentemente y los de productores de riesgo medio se inspeccionan *menos* frecuentemente.

La figura 2 ilustra los beneficios fitosanitarios de una política de IFR comparando la respuesta predicha de esfuerzo fitosanitario (eje vertical) de un productor como función de la tasa histórica de interceptaciones del productor (eje horizontal), tanto para la política de referencia de inspecciones uniformes (línea punteada) como para la política óptima de IFR (línea sólida). Por lo general, los productores de los grupos de riesgo medio y elevado ejercen un esfuerzo fitosanitario mayor bajo una política fundamentada en el riesgo que en un enfoque de inspecciones uniformes.

Si bien los productores que pertenecen al grupo de riesgo medio –por debajo del umbral de interceptación (línea vertical gruesa)– son inspeccionados *menos* frecuentemente bajo la política de IFR, en comparación con el enfoque uniforme, no obstante ejercen un *mayor* esfuerzo fitosanitario que con la política uniforme; estos productores tienen un incentivo más fuerte de mandar envíos más limpios para no ser trasladados al grupo de inspección de alto riesgo, en el cual serían inspeccionados con más frecuencia.

Figura 2: Respuesta fitosanitaria óptima para un productor representativo (modelo de productores homogéneos). El esfuerzo fitosanitario se normaliza para que adopte un valor entre cero y la unidad. Cuando la tasa de interceptaciones históricas de un productor pasa por encima de 0.20, sus envíos tienen prohibida la entrada.



También vemos que los productores pertenecientes al grupo de riesgo elevado, cuyas tasas de interceptación se aproximan al umbral, ejercen sustancialmente más esfuerzos fitosanitarios que bajo la política de inspecciones uniformes. Estos productores están motivados a incrementar su esfuerzo fitosanitario para aumentar la probabilidad de que los pasen al grupo de inspección media, en donde serían inspeccionados con menos frecuencia.

Estas dos características de la respuesta de los productores bajo la IFR, en la cual los productores ejercen un mayor esfuerzo en ambos lados del umbral de la tasa de intercepción, ilustra una idea conocida como ‘influencia coercitiva’. Esta influencia coercitiva –combinada con el efecto directo de una mayor frecuencia de inspección en el grupo de alto riesgo (en comparación con el enfoque uniforme)– llevó a reducciones en la tasa esperada de envíos infestados que entran al país.

Al tomar en cuenta la respuesta conductual de los productores (arriba mostrada), la política óptima de IFR implica inspeccionar el 100% de los envíos provenientes de productores de alto riesgo utilizando aproximadamente el 82% del presupuesto disponible para inspecciones. Los envíos del grupo de riesgo medio se inspeccionan con una probabilidad igual al 0.28, casi una cuarta parte de la tasa de los envíos de riesgo elevado. El umbral de corte para la tasa de intercepción, que determina cómo se asignan los productores a un grupo, se fija de tal forma que solo apenas más de la mitad (57%) de los envíos que entran a los EE.UU. se asignan al grupo de inspección elevada.

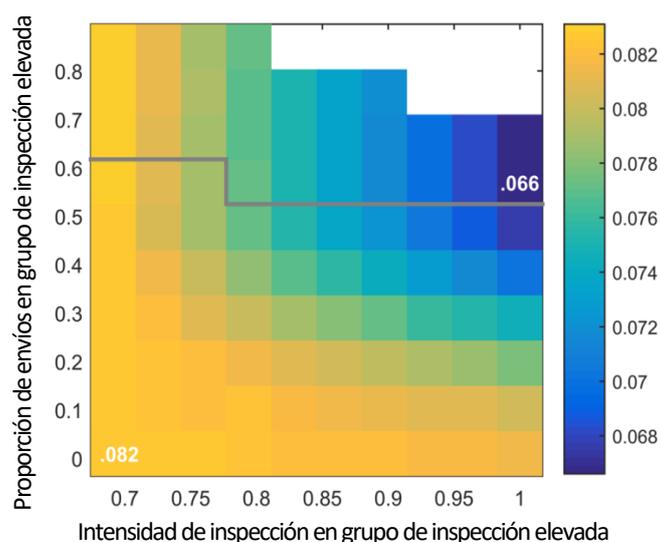
Estimamos que –en relación con la política de inspección uniforme– la política óptima de IFR reduce en una quinta parte la tasa esperada de envíos infestados que entran a los EE.UU. Lo hace incrementando la frecuencia de inspecciones en el grupo de alto riesgo y disminuyendo la frecuencia de inspecciones en el grupo de riesgo medio: ambos en aproximadamente el 50%. Esta mejora es sustancial, sobre todo dado que solo resulta de la reasignación del esfuerzo existente de inspección.

Para generar los resultados arriba discutidos, consideramos un modelo basado en un solo tipo representativo de productor. Consideramos un modelo que incorporaba cuatro tipos diferentes de productores, caracterizados por la frecuencia de sus envíos y los costos de su esfuerzo fitosanitario. La incorporación de esta heterogeneidad no afectó los resultados arriba informados; pero sí afectó el nivel del umbral de la tasa de intercepción (la línea vertical en la [figura 3](#)), un parámetro normativo que debe ser anunciado por el regulador para que los productores sepan cómo su tasa histórica de intercepciones los destina al grupo de riesgo medio o de riesgo elevado.

En la [figura 3](#), mostramos las tasas esperadas de envíos infestados aceptados (barra de color) resultantes del conjunto de alternativas normativas factibles. Las políticas de inspecciones uniformes (la misma frecuencia de inspección para los grupos de riesgo alto y medio) se ubican en la columna de celdas más hacia la izquierda. Encontramos que este enfoque uniforme exhibe peores resultados, comparado con las políticas de inspección no uniformes a la derecha, tal como lo indican los colores más fríos. Como se observa en la figura, la tasa esperada de envíos infestados aceptados bajo una política de inspecciones uniformes es igual a 0.082 y cae a 0.066 bajo la política óptima de IFR.

Figura 3: Tasa esperada de envíos infestados aceptados que resultan de políticas factibles de inspección, generadas con el modelo heterogéneo. Cada cuadrado representa una política diferente de inspección, en donde las políticas de inspecciones uniformes están ubicadas a lo largo de la columna más hacia la izquierda. El eje de las y indica la proporción de envíos asignados al grupo de inspección elevada y el eje de las x representa la intensidad de inspecciones en el grupo de inspección elevada. A medida que los colores cambian del amarillo intenso a azul oscuro, disminuye la tasa esperada de envíos infestados aceptados.

Figura 3: Tasa esperada de envíos infestados aceptados según las políticas factibles de inspección



En realidad, existe una heterogeneidad sustancial debido a que hay miles de productores que varían a lo largo de un continuo. En el modelo de optimización que usamos, no es posible captar totalmente esta heterogeneidad con las interacciones estratégicas entre el regulador y los productores. Sin embargo, este es un parámetro de diseño que el regulador puede decidir mediante prueba y error, comenzando con valores elevados –la menor cantidad de productores en la categoría elevada implica poco riesgo de que se abrumen los recursos de inspección– e iterando hacia valores de umbral menores hasta que los recursos de inspección estén plenamente utilizados.

Discusión

Dados los daños ecológicos y económicos sustanciales que pueden resultar de la introducción involuntaria de plagas invasivas por medio del comercio, son críticas las medidas para salvaguardar nuestros recursos naturales; pero los recursos para poner en práctica tales medidas son limitados. Nuestra investigación muestra cómo al pasarse de una política uniforme a una política de IFR para los envíos importados de plantas vivas puede reducir la cantidad de envíos infestados que se aceptan en los EE.UU. y, por lo tanto, la probabilidad de que se introduzcan plagas, con solo reasignar los recursos existentes de inspección.

Nuestros resultados de modelización también ayudan a apoyar el diseño eficaz de un programa de IFR en el ambiente complejo de las inspecciones del comercio internacional, pues involucran muchos más objetivos de inspección que los considerados por estudios anteriores. Estimamos que este enfoque mejoraría sustancialmente el desempeño de los esfuerzos de monitoreo y aplicación, aunque el nivel global de esfuerzo no cambie, al enfocarse en los envíos más riesgosos con más intensidad e incentivar a los productores para que limpien sus envíos.

Referencias

- Springborn, Michael R., Amanda R. Lindsay, and Rebecca S. Epanchin-Niell (2016). Harnessing enforcement leverage at the border to minimize biological risk from international live species trade. *Journal of Economic Behavior & Organization*. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167268116300245>.
- MacLachlan, Matthew, Michael R. Springborn and Andrew Liebhold (2017). The hitchhiker’s guide to the greenery: estimating dynamics of 150 years of trade-driven non-native species introductions via plant material. Documento de trabajo de la UC en Davis.

Caton – Desafíos de análisis y datos asociados con los programas de muestreo fundamentado en el riesgo

Barney Caton

Servicio de Inspección de Sanidad Animal y Vegetal, Protección y Cuarentena Vegetal, Centro de Ciencia y Tecnología de Sanidad Vegetal

Introducción

Todo el que se interese en tratar de desarrollar, implementar, monitorear y mantener programas de muestreo fundamentado en el riesgo (MFR) enfrenta ciertos retos considerables de análisis y de datos. Algunos de estos problemas son universales, mientras que otros son específicos al tipo de MFR que se esté utilizando. Por ejemplo, en todo programa de MFR, se tendrá que definir algún tipo de tasa de riesgo relativo (*approach rate*) para establecer o monitorear el programa. En contraste, algunos tipos de planes requieren recolectar datos antes de la implementación y otros no, y algunos exigen metodologías para estimar tasas, mientras que otros no. Cubriremos estos temas, según la fase y el tipo de plan, evaluando las ventajas y desventajas de los dos principales tipos de planes, cuando corresponda.

Temas comunes a todos los programas de inspección

Independientemente del tipo de plan o régimen de muestreo, algunos problemas son comunes a todos los programas de inspección. Los dos temas aquí considerados consisten en cómo cuantificar las tasas de riesgo relativo y la eficacia de la inspección.

Tasas de riesgo relativo

Si estamos considerando cómo analizar los datos de las inspecciones para identificar los productos de riesgo menor o mayor o incluso solo para monitorear los resultados de nuestras operaciones básicas de inspección, se deben considerar las tasas de riesgo relativo. Las tasas de riesgo relativo son la medida de la frecuencia con la que un producto o vía está infestado o contaminado por plagas. Se pueden calcular diferentes versiones de las tasas de riesgo relativo, dependiendo de los datos disponibles. A continuación, evaluaremos las posibilidades de las tasas de riesgo relativo desde la perspectiva de buscar el objetivo de reducir las tasas totales de fugas (número anual de plagas no detectadas en los bienes aprobados), lo que constituye una medida útil para evaluar el valor de un plan de MFR (p. ej., Robinson *et al.*, 2015).

Tasa de acción

El cálculo más sencillo de la tasa de riesgo relativo es la ‘tasa de acción’, que es la proporción de envíos en los que se descubre una o más plagas. La tasa de acción (o tasa de incumplimiento) se define como el número de acciones (es decir, envíos con plagas detectadas) dividido entre el número total de envíos inspeccionados (p. ej., PPO, 2017). Es un cálculo burdo porque el numerador es la suma de los envíos con plagas y no el número de plagas que realmente se encontró, mientras que el denominador no toma en cuenta las cantidades de unidades en cada envío y trata a todos los envíos como si tuvieran el mismo volumen. Las tasas de acción también son las menos convenientes para fines predictivos, ya que solo se pueden utilizar para estimar la cantidad de envíos infestados que llegan en un período dado; pero sin ninguna información sobre cuántas plagas totales podrían estar llegando. Esto obstaculiza la capacidad de focalizar las inspecciones, desde la perspectiva del tamaño del envío, y afecta las fugas.

Por ejemplo, si dos productos tienen tasas de acción de 0.1 y esperamos que lleguen 1,000 envíos de cada uno, el estimado promedio para el número de envíos infestados, 100 ($=1000 \times 0.1$), es el mismo para ambos. Sin embargo, si el producto A tiene una cantidad promedio de 20,000 unidades, mientras que el producto B tiene una cantidad promedio de solo 1000 unidades, esto tiene repercusiones considerables para la bioseguridad. Primero, sin conocer la tasa de infestación, pero suponiendo que ambas no son nulas, sabemos que las plagas serán más fáciles de muestrear para el caso B, debido a las menores cantidades involucradas; pero como las cantidades en A son mucho

más grandes, el potencial de fugas es mucho mayor que en B. Es muy difícil minimizar las fugas priorizando las inspecciones entre A y B si solo conocemos las tasas de acción. A pesar de estos problemas, la mayor parte de las entidades al menos pueden calcular y utilizar tasas de acción, porque las necesidades de datos son muy bajas. Sin embargo, las tasas de acción se deben considerar como una medida inicial para trabajar con el MFR y no como un objetivo o parámetro final.

Tasa de infestación

La tasa ideal de riesgo relativo es la 'tasa de infestación', que se define como el número de unidades infestadas por unidad inspeccionada. El numerador es la cantidad total de unidades encontradas con plagas y el denominador es el número total de unidades inspeccionadas. Tomen nota de que el denominador no es el número total de unidades *importadas*. Las tasas de infestación son mucho más informativas porque toman en cuenta las cantidades de plagas, las unidades infestadas y las unidades totales. Las predicciones efectuadas usando la tasa de infestación son mucho más útiles, porque podemos estimar explícitamente el número probable de unidades infestadas en un envío, dado el volumen esperado e incluso la cantidad de plagas, si tenemos información acerca del número de plagas por unidad infestada. Se vuelve así mucho más sencillo minimizar las fugas, porque podemos estimar tanto el número de unidades infestadas en un envío como la probabilidad de encontrar esas unidades (plagas).

Volviendo al ejemplo de arriba, si el producto A con cerca de 20,000 unidades tiene una tasa de infestación de 0.01, estimamos que hay 200 unidades infestadas en un envío infestado promedio (recuerden que solo el 10 por ciento de los envíos tiene probabilidad de estar infestados). Si el producto B, con solo 1,000 unidades, tiene una tasa de infestación de 0.001, estimamos que hay solo 1 unidad infestada en un envío infestado promedio. La probabilidad base de muestrear una unidad infestada es un orden de magnitud mayor con el producto A ($= 0.01 = 200/20,000$) que con el producto B ($= 0.001 = 1/1,000$) y el número probable de plagas en el envío también es mucho mayor (a menos que la incidencia de plagas en A sea de más de 200 plagas por unidad). Entonces, contar con la información de la tasa de infestación nos permite determinar que la inspección del producto A es mucho más prioritaria y tiene más probabilidad de llevarnos a una detección de plagas que inspeccionar el producto B. Cuando solo conocíamos la tasa de acción, arriba, no podíamos determinar esto. Sin embargo, la razón por la cual la mayor cantidad de entidades no parecen confiarse de las tasas de infestación, es que los requisitos para recolectar los datos son mucho más severos, ya que incluyen captar el número de unidades infestadas por las plagas y documentar o estimar el tamaño de las muestras.

Eficiencia de la inspección

La eficiencia de la inspección o tasa de detección de plagas se define como la probabilidad de encontrar una plaga o plagas presentes en un producto (p. ej., Hauser *et al.*, 2015). La eficiencia de inspección es importante porque afecta nuestros estimados de cuántas plagas o envíos infestados serán encontradas por los inspectores y debe servir de base para diseñar el muestreo y fundamentar las decisiones de manejo. Hay dos cuestiones alrededor de este factor; una es que se trata de información sensible, puesto que tiene repercusiones en cuán bien se desempeñan los inspectores, y la otra es que las organizaciones de protección fitosanitaria (OPF) no parecen tener muchos deseos de estudiar el tema o de compartir la información al respecto. Francamente, la eficiencia de las inspecciones no puede y no debe ser descrita por una sola cifra. Esto es porque debe variar según la técnica de inspección (p. ej., inspección visual únicamente versus el uso de equipo de diagnóstico), según la plaga y su estadio (p. ej., insecto adulto versus patógeno asintomático) y quizá también otros factores (Hauser *et al.*, 2015). Mientras las OPF no realicen investigaciones sobre este tema, continuará siendo incierto.

Temas específicos de las fases de implementación y tipos de planes de MFR

Es conveniente discutir los temas analíticos que ocurren antes de poner en práctica un plan de MFR y después de su implementación, ya que los objetivos varían enormemente. Además, dependiendo de que se escoja un plan basado en clasificaciones o un plan de muestreo de aceptación, los desafíos analíticos varían muchísimo.

En los planes basados en clasificaciones, los datos se utilizan en el cálculo de tasas para los bienes reglamentados con el objeto de asignar clasificaciones según umbrales determinados para separar los bienes en categorías bajas y elevadas (al menos) con el objetivo de efectuar un muestreo diferencial. Los planes basados en clasificaciones son muy intensivos, en lo concerniente a los datos, durante todas sus fases.

En un plan de muestreo de aceptación, los resultados acumulados de las inspecciones de lotes determinan dinámicamente el estatus de la inspección (p. ej., reducida o estándar). Por ende, la mayor parte de los desafíos analíticos asociados con los planes de muestreo de aceptación ocurren después de la implementación. Recientemente, se ha demostrado que los planes de muestreo de aceptación son empleados con éxito por otras organizaciones de protección fitosanitaria (OPF) (p. ej., Robinson *et al.*, 2012). Además, los planes de muestreo de aceptación tienen un largo historial de uso en los procesos de manufactura y de otra índole (p. ej., sanidad veterinaria) (Shmueli, 2016). Las especificaciones de los planes pueden variar, dependiendo si los lotes llegan en tandas (muestreo lote por lote) o bien son producidos continuamente (muestreo continuo).

Fase previa a la implementación

Antes de la implementación, las principales tareas consisten en determinar cuál es la mejor forma de ejecutar un plan de MFR y estimar los impactos sobre las operaciones de inspección. Hemos identificado hasta siete tareas analíticas que deben realizarse antes que se pueda poner en práctica un plan de muestreo fundamentado en el riesgo (cuadro 1). A continuación, se dan unas breves descripciones del objetivo de cada una:

1. Análisis de envíos/productos: conocer la vía, el volumen y sus características y su efecto en las operaciones
2. Especificar incentivos: determinar el número de niveles que pueden ser elegibles para incentivos (p. ej., bajo/elevado versus bajo/medio/elevado)
3. Regímenes de muestreo: especificar la confianza y los niveles de riesgo para la inspección y si se reducirá la frecuencia o la intensidad o ambas
4. Recolectar datos de riesgo para clasificar: asegurarse de que se dispone de suficientes datos buenos y pertinentes sobre inspecciones para los análisis necesarios
5. Elaboración/validación de clasificaciones: especificar la medida del riesgo o el enfoque de modelización y los umbrales para categorizar el riesgo, además –idealmente– validar esos resultados comparándolos con datos fuera de la muestra o por cualquier otro medio
6. Modificación de clasificaciones/actualización del plan: especificar cómo y cuándo se realizarán cambios en el plan en el futuro, según los resultados de las inspecciones
7. Estimar el efecto de los planes propuestos en las operaciones de inspección: modelizar resultados para poder discernir si el plan propuesto alcanzará o no los objetivos del programa.

Cuadro 1. Tareas analíticas que deben completarse antes de poner en práctica un plan de muestreo fundamentado en el riesgo, dependiendo del tipo de plan: plan de muestreo de aceptación o plan basado en clasificaciones. La ausencia de una marca de comprobación indica que el plan no requiere esa tarea.

Tarea	Plan de muestreo de aceptación	Plan basado en clasificaciones
1. Análisis de envíos/productos	✓	✓
2. Especificar niveles de incentivos	✓	✓
3. Especificar regímenes de muestreo	✓	✓
4. Recolectar datos de inspecciones para clasificar		✓
5. Elaboración/validación de clasificaciones		✓
6. Modificación de clasificaciones/actualizar plan		✓
7. Estimar impactos sobre operaciones	✓	✓

Planes de muestreo de aceptación. Como los planes de muestreo de aceptación no requieren de clasificaciones, solo cuatro de las siete tareas arriba descritas deben finalizarse antes de la implementación. La primera tarea es esencial para conocer la vía que se está inspeccionando y determinar toda la información necesaria para tomar decisiones de planificación. La segunda, especificar incentivos, es en efecto el núcleo del plan de muestreo fundamentado en el riesgo, ya que determina cómo funcionará el plan y cuán sencillo o complicado será, en cuanto a la cantidad de niveles de inspección establecidos. Por ejemplo, se tiene que definir el número de parámetros de umbral y fallas para operar el plan y esos dependen de cuántas reglas se invoquen para cambiar de nivel (Robinson *et al.*, 2012). El régimen de muestreo es fundamental y se refiere a la frecuencia e intensidad del muestreo para cada nivel especificado en la tarea 2. Determina el nivel de confianza y la tasa de infestación (o de acción) que se puede encontrar en los niveles estándar y reducido de inspecciones y, por ende, es crítico para conocer y monitorear los resultados.

Planes fundamentados en clasificaciones. Las siete tareas descritas arriba deben realizarse antes de que se pueda implementar un plan basado en clasificaciones. Observen que no se puede poner en práctica este plan a menos que todas ellas se hayan finalizado. Esto es especialmente significativo para la tarea de ‘recolectar datos’, porque se pueden requerir plazos de hasta un año para generar suficientes datos de caracterización y validación.

Dos tareas son especialmente difíciles, aunque críticas para el éxito del programa. La primera es la de ‘elaboración/validación de clasificaciones’, porque no existe ningún enfoque estándar aceptado para caracterizar el riesgo de productos y porque la validación es sencillamente difícil de lograr. Es probable que esta tarea lleve cantidades considerables de tiempo y esfuerzo y quizá sea muy contenciosa.

La segunda es la de ‘modificación de clasificaciones/actualizar plan’. Los gerentes del programa deben ser transparentes acerca de cuándo y cómo se actualizarán las clasificaciones vigentes. Los desafíos técnicos asociados con esto podrían incluir cuántos datos y de qué tipo se necesitan para

respaldar las modificaciones y especificar el proceso que se utilizará. Lo anterior es importante porque determina por cuánto tiempo las clasificaciones estarán ‘congeladas’ para productores/expedidores. Observen también que el tiempo empleado en el análisis demora aún más la actualización. Para determinar cuán responsivo es el programa para la industria, es importante considerar el tiempo empleado en obtener suficiente cantidad de datos para confiar en las nuevas clasificaciones, aunque sin prolongar demasiado el período entre actualizaciones. El proceso utilizado es importante, porque si las clasificaciones se calculan con un enfoque dinámico de modelización, los umbrales categóricos se convierten en blancos móviles desconocidos, lo que complica la comunicación con los miembros de la industria acerca de cómo ser elegibles. Esto se discute más abajo. Técnicamente, esta tarea podría realizarse después de la implementación; pero hay considerables aspectos negativos en ese enfoque, tal como no poder informar a los integrantes de la industria cuándo será la siguiente ocasión en que pudieran ser aptos para recibir inspecciones reducidas y qué se necesita para alcanzar esa condición.

Estimar los impactos del plan sobre las operaciones (tarea 7). Esto siempre se debe hacer, independientemente del tipo de plan, por unas cuantas razones. Primero, si los impactos estimados sobre las operaciones no alcanzan nuestros objetivos, tenemos la oportunidad de adaptar y mejorar el plan antes de ponerlo en práctica. Segundo, ayudará a fijar las expectativas, de manera que podamos entender e informar mejor los resultados observados. Tercero, si estamos considerando planes múltiples, este análisis se vuelve una parte crítica de la información para seleccionar el plan.

Consideraciones sobre el modelo de tasas. Para cualquier plan basado en clasificaciones, sabemos que se debe caracterizar el riesgo; pero los diferentes métodos también pueden tener grandes efectos en la operación del programa y su posible éxito. Aquí se consideran dos métodos de modelización que son el ‘empírico’ y el ‘ajustado’. Con modelización empírica nos referimos a métodos que utilizan un enfoque aritmético estándar que se repite cada vez que se calcula una nueva tasa resumida; es decir, las clasificaciones cambian únicamente debido a los datos subyacentes. Un ejemplo de esto es el método empírico de Bayes para estimar las tasas y los límites de confianza, en donde las tasas se actualizan a medida que se recolectan nuevos datos sobre las inspecciones (Bolstad and Curran, 2016). Por otra parte, con modelización ajustada nos referimos al uso de un enfoque estadístico dinámico con datos nuevos, factores que pueden variar de período en período y hasta metodologías diferentes. Un ejemplo consiste en ajustar estadísticamente un modelo lineal bayesiano generalizado a los datos de clasificaciones, junto con algún método para determinar los límites de confianza (p. ej., simulaciones de la incertidumbre).

La selección del enfoque de modelización tiene repercusiones importantes para el plan basado en clasificaciones, tal como lo describen varios factores a los que afecta, sobre todo cómo se determinan los parámetros del programa y cómo se comunican a los productores y expedidores, y en la flexibilidad para administrar el programa (cuadro 2).

Por ejemplo, el uso de un enfoque empírico permite comunicar a productores y expedidores exactamente qué tasa de envíos libres de plagas necesitan para poder optar por las inspecciones reducidas en la siguiente iteración. Sin embargo, esto no es necesariamente posible cuando se utiliza un enfoque ajustado, porque con los resultados dinámicos se vuelve difícil garantizar resultados particulares. Por ejemplo, los umbrales anteriormente determinados pueden cambiar en la siguiente iteración, de manera que los productores/expedidores nunca saben el objetivo entre una iteración y la siguiente. También, la importancia de los factores de la modelización puede cambiar de iteración en iteración. Quizá el factor ‘origen’ no era significativo la última vez; pero se vuelve así en esta iteración, por lo que algunos productores/expedidores seguirían en la categoría de no elegibles, a pesar de mejorar sus tasas de riesgo relativo. En tales casos, la equidad se vuelve un problema y estos incidentes parecen tener mucha probabilidad de resultar en quejas de productores y expedidores y dificultar las conversaciones con ellos.

Cuadro 2. Diferencias importantes de factores entre los métodos de modelización que afectan los planes basados en clasificaciones.

Factor	Modelización empírica	Ajuste de modelo
Especificidad	Cada combinación por separado	Todas las combinaciones a la vez
Dependencia	Independiente	Dependiente
Derivación de clasificaciones	Directa	Indirecta
Explicabilidad	Estandarizada	Ambigua/siempre cambia
Modificaciones/actualizaciones	Por combinaciones individuales	Todas las combinaciones a la vez
Consolidación de datos	Datos acumulados disponibles	Solo datos específicos del período
Conectividad	Actualización bayesiana posible	Restringida
Factores de clasificación	Estandarizados	Dinámicos/variables
Incertidumbre	Integrada en el método ^a	Separada/ enfoque adicional

^a P. ej., válido para el método empírico de Bayes.

El enfoque de ajustar el modelo puede reducir enormemente la flexibilidad en la administración del programa, porque todas las tasas estimadas dependen de todas las demás. Se vuelve imposible evaluar los cambios posibles en la tasa de cualquier combinación individual de productos y, por lo tanto, es imposible hacer ajustes al estatus de productores y expedidores individuales. Sin embargo, si se utiliza un método empírico de ajuste, la actualización se puede realizar en cualquier momento para combinaciones individuales de productos. Por eso, los productores y expedidores podrían llegar a ser elegibles para inspecciones reducidas tan pronto como cumplan los criterios de umbral, en vez de tener que esperar que se actualicen las clasificaciones del modelo ajustado después de algún período arbitrario.

Otro impacto crítico sobre la selección del modelo es sobre los datos utilizados para el análisis. Con el enfoque de ajustar el modelo, cada iteración se lleva a cabo únicamente en el segmento más reciente de datos, sin importar cuán largo este pudiera ser (p. ej., anual, semestral). La exclusión de datos antiguos significa que las incertidumbres se mantienen relativamente elevadas con el correr del tiempo y se pierde la capacidad de integrar la información histórica sobre el desempeño. En el enfoque de la modelización empírica, todos los datos recolectados desde el inicio del programa de MFR están potencialmente disponibles. Por ejemplo, con el método empírico de Bayes, las tasas actualizadas se calculan explícitamente a partir del estimado previo —el cual refleja el desempeño histórico desde el inicio— con solo agregar la nueva información. De esta manera, productores y expedidores reciben el mérito apropiado por demostrar tasas bajas de riesgo relativo en el largo plazo.

Finalmente, son preferibles los enfoques empíricos que incorporan explícitamente o facilitan los estimados de incertidumbre. Por ejemplo, el método empírico de Bayes permite que esto se estime sencillamente encontrando los percentiles 99 (o cualquiera que se considere adecuado) de la

distribución de tasas. En comparación, hemos visto enfoques de modelos ajustados que utilizan simulaciones separadas para generar estimados de los límites de confianza. Estas simulaciones agregan más advertencias y supuestos a la mezcla, pueden añadir varianzas y quizá tengan que ser validados por sí mismos.

En general, los enfoques de ajuste del modelo presentan restricciones serias a la capacidad del programa, reduciendo así la flexibilidad de la administración y la capacidad de usar datos históricos y quizá presentando normas siempre cambiantes. También parece ser probable que a las partes interesadas les cueste más entenderlos y, por ende, pueden estar sujetos a más críticas y escepticismo. Todo esto se podría justificar si se pudiera demostrar que el procedimiento de ajuste alcanza una exactitud mucho mayor en las predicciones. Sin embargo, hasta la fecha, no hemos visto que eso ocurra en nuestros propios análisis de programas. Es más, estudios recientes concluyeron que los enfoques de optimización más complicados no se desempeñaban mejor que los enfoques más sencillos (DeMiguel *et al.*, 2009; Powell, 2015). En consecuencia, recomendamos utilizar estimados más sencillos en ausencia de una clara evidencia de que los estimados más complicados funcionan marcadamente mejor.

Fase posterior a la implementación

Después de la implementación, las principales tareas consisten en monitorear los resultados y efectuar cualquier modificación o actualización necesaria al programa del MFR. Enumeramos hasta cinco actividades analíticas que los diferentes tipos de planes pueden necesitar (cuadro 3). Dos de ellas (incentivos y ajustes al régimen de muestreo) son opcionales para ambos tipos de planes, porque solo se requieren si se realizan cambios, ya sea en las especificaciones de los incentivos o en el régimen de muestreo. Por lo general, los cambios exigirían cierta justificación o evidencia de justificación, tal como mejoramiento del programa. Uno de los ejemplos posibles es cuando los gerentes deciden que los datos de monitoreo respaldan la adición de un nivel de incentivos de “muy bajo riesgo” con una reducción aún mayor en las inspecciones o bien si la disponibilidad de recursos adicionales permite incrementar la intensidad del muestreo.

En ambos tipos de planes, la recolección de datos y los resultados de monitoreo son tareas claves, sobre todo para demostrar las mejoras de salvaguarda. La recolección de datos reviste una importancia adicional para los planes basados en clasificaciones, porque los datos nuevos se convierten en la base para la siguiente iteración de clasificaciones. El monitoreo es esencial para evaluar el impacto del programa de MFR en los esfuerzos de inspección y salvaguarda y brinda a productores y expedidores una retroalimentación que facilitaría cualquier mejora necesaria. Entre las medidas comunes para monitorear y evaluar el éxito del programa se pueden encontrar el esfuerzo de inspección, el número de envíos aprobados versus los inspeccionados, las detecciones totales de plagas, los cambios y proporciones de estatus/clasificación y especialmente las tasas estimadas de fugas. Los planes basados en clasificaciones probablemente también estarían calculando medidas de desempeño según clasificación y exactitud de las clasificaciones.

La tarea de modificación o actualización de los planes basados en clasificaciones es significativa; idealmente, ocurre tal como se especifica en el plan creado antes de la implementación (tarea 6). También sería ideal seguir un protocolo establecido para estimar las tasas, aunque el proceso se complicaría si se ponen a prueba modelos o funciones de tasas que difieran de la versión anterior.

Cuadro 3. Tareas analíticas que deben completarse después de implementar un plan de muestreo fundamentado en el riesgo, dependiendo del tipo de plan: muestreo de aceptación o basado en clasificaciones.

Tarea	Muestreo de aceptación	Basado en clasificaciones
Recolectar datos de inspecciones	✓ (monitoreo)	✓ (monitoreo/reclasificación)
Evaluar resultados	✓	✓
Modificaciones/actualizaciones de clasificación	— ^a	✓
Ajuste de Incentivos	?	?
Ajuste del régimen de muestreo	?	?

^a En este tipo de plan, los estatus de inspección (es decir, las clasificaciones) se actualizan automáticamente.

Observen que el proceso de modificar/actualizar las clasificaciones casi con seguridad tendría vinculadas dos tareas adicionales (no analíticas). La primera consiste en comunicar cualquier cambio en las metodologías, tasas estimadas y clasificaciones a los productores y expedidores. La segunda es operativizar esos cambios.

Conclusiones

Todos los programas de MFR deben considerar tasas de riesgo relativo y eficiencia de las inspecciones. Las ventajas de desarrollar la capacidad para utilizar las tasas de infestación deberían ser obvias; pero queda por verse si las entidades realizarán los cambios necesarios para la implementación, incluidos los costos de los recursos. Nos parece que estos costos están más que justificados por las ventajas que resultan del programa. Mientras tanto, muchas entidades se verán obligadas a depender de las tasas de acción, lo que es aceptable dadas las limitaciones conocidas de esas tasas, no llegar a depender demasiado de ellas y seguir procurando avanzar hacia tasas de infestación u otras medidas mejores.

De manera semejante, parece poco probable que las entidades desarrollen rápidamente alternativas al uso de estimados burdos de eficiencia de las inspecciones (tasa de detección; tasa de incumplimiento). Esta área parece estar lista para una investigación colaborativa. Sin embargo, puede que se necesiten esfuerzos de terceros porque las sensibilidades hacia los inspectores pueden dificultarle la tarea a las ONPF.

La cantidad y tipos de problemas analíticos que enfrentan los programas de MFR varían significativamente, dependiendo del tipo de plan que se ponga en práctica. Los planes de muestreo de aceptación exigen muchas menos tareas analíticas que los planes basados en clasificaciones, tanto antes como después de la implementación, lo que significa que se reducen mucho las necesidades de datos y análisis. Además, como el estatus de la inspección (es decir, las clasificaciones) se determina de manera dinámica, los planes de muestreo de aceptación requieren menos tareas de mantenimiento, modificación y actualización. Por ende, los esfuerzos pueden concentrarse en monitorear y comunicar para potenciar las oportunidades de que productores y expedidores comprendan los logros y fracasos y puedan tomar medidas para aprovechar plenamente los incentivos.

Antes que se puedan iniciar los planes basados en clasificaciones, se deben finalizar las siete tareas de la fase previa a la implementación y al menos tres de las tareas posteriores a la implementación son requeridas –en cada iteración sucesiva, según cualquiera que sea el programa de actualizaciones

que se haya formulado— para mantener y modificar el plan de operaciones. Las necesidades de datos y análisis en cada fase se maximizan en este régimen.

Los planes basados en clasificaciones también introducen desafíos al exigir que se formulen y validen estimados del modelo antes de su uso. Las necesidades y restricciones de datos se maximizan cuando se utiliza el enfoque de ajustar el modelo y eso también maximiza las necesidades analíticas y la dificultad de comunicación, al mismo tiempo que se minimiza la flexibilidad del programa de MFR. Los enfoques empíricos parecen ser preferibles para mantener la flexibilidad del programa y maximizar el valor de los datos históricos. Realmente, el uso de un enfoque de ajuste al modelo es solo adecuado si las mejoras en exactitud lo justifican; pero los revisores expertos creen que es muy poco probable que los estimados de tasas más complicados desempeñen mejor que los enfoques más sencillos.

Finalmente, la fase posterior a la implementación es en gran parte similar para cada tipo de plan de MFR, ya que se hace un fuerte hincapié en la recolección y monitoreo de los datos. Además, cualquier programa de MFR tiene cierta probabilidad de necesitar ajustes sobre la marcha en diferentes momentos, de manera que se esperan cambios leves en los niveles de incentivos o los regímenes de muestreo. La principal diferencia entre los tipos de planes en esta fase consiste en la expresa necesidad de actualizar periódicamente las clasificaciones en los planes basados en clasificaciones, lo que también requiere tareas asociadas especiales de revisión y comunicación.

En general, los planes de muestreo de aceptación parecen minimizar los desafíos analíticos y de datos, en comparación con los planes basados en clasificaciones, al mismo tiempo que ofrecen beneficios asociados, tales como una mayor flexibilidad en la administración del programa y comunicaciones más sencillas. Los planes de muestreo de aceptación también han demostrado un historial exitoso de uso en otras industrias. Aunque cualquiera de los dos tipos de programas de MFR puede probablemente hacerse funcionar, dado que se dispone de la pericia y los recursos pertinentes, los desafíos de análisis y datos que enfrentan los planes basados en clasificaciones son considerables.

Referencias

- Bolstad, W. M., and J. M. Curran. 2016. Bayesian Inference for Binomial Proportion. Pages 149-168 *Introduction to Bayesian Statistics, Third Edition*. John Wiley & Sons, Inc.
- DeMiguel, V., L. Garlappi, and R. Uppal. 2009. Optimal Versus Naive Diversification: How Inefficient is the 1/N Portfolio Strategy? *The Review of Financial Studies* 22(5):1915–1953.
- Hauser, C. E., G. E. Garrard, and J. L. Moore. 2015. Estimating Detection Rates and Probabilities. Pages 151-166 *en* F. Jarrad, S. Low-Choy, and K. Mengersen, (eds.). *Biosecurity Surveillance : Quantitative Approaches*. CABI, Wallingford, Oxfordshire, U.K.
- Powell, M. R. 2015. Risk-Based Sampling: I Don't Want to Weight in Vain. *Risk Analysis* 35(12):2172-2182.
- PPQ. 2017. Progress Toward Implementing a Risk-Based Sampling Program for Imported Propagative Plant Materials. U.S. Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service, Plant Protection and Quarantine (PPQ), Center for Plant Health Science and Technology, Raleigh, NC. 28 pp.
- Robinson, A., J. Bell, B. Woolcott, and E. Perotti. 2012. AQIS Quarantine Operations Risk Return; ACERA 1001 Study J; Imported Plant-Product Pathways: Final Report. Australian Centre of Excellence for Risk Analysis (ACERA), Melbourne, Australia. 100 pp.

Robinson, A. P., M. Chisholm, R. Mudford, and R. Maillardet. 2015. Ad hoc Solutions to Estimating Pathway Non-compliance Rates Using Imperfect and Incomplete Information. Pages 167-179 *in* F. Jarrad, S. Low-Choy, and K. Mengersen, (eds.). *Biosecurity Surveillance : Quantitative Approaches*. CABI, Wallingford, Oxfordshire, U.K.

Shmueli, G. 2016. *Practice Acceptance Sampling: A Hand's-On Guide (2nd Ed.)*. Axelrod Schnall Publishers, USA. 106 pp.

Church et al. – Un enfoque a la inspección fitosanitaria con muestreo fundamentado en el riesgo

Katharine Church, Elmabrok Masaoud y Robert Favrin

Agencia Canadiense de Inspección de Alimentos

Resumen

A medida que se acelera el ritmo de comercio mundial en productos vegetales, los reguladores de sanidad vegetal deben volverse más ágiles y eficientes para ejecutar su mandato con el fin de evitar la introducción y dispersión de plagas vegetales y garantizar la sostenibilidad de los valiosos recursos vegetales del planeta. Las organizaciones nacionales de protección fitosanitaria (ONPF) enfrentan el reto de mantener este mandato con un mínimo impacto sobre el comercio. Las inspecciones fitosanitarias se encuentran entre las presiones de reglamentación más significativas experimentadas por la industria, ya que ciertos productos reglamentados están sujetos a la inspección fitosanitaria antes de entrar al comercio.

En respuesta a esta presión, muchas ONPF están explorando la posibilidad de un enfoque de muestreo fundamentado en el riesgo para potenciar la eficiencia en las inspecciones fitosanitarias. Un enfoque de muestreo fundamentado en el riesgo a las inspecciones prescribiría frecuencias de muestreo fundamentadas en los factores de riesgo, entre ellos, el historial de cumplimiento, el origen y el uso destinado del producto.

En 2015, la Agencia Canadiense de Inspección de Alimentos (ACIA) desarrolló un modelo de enfoque de muestreo fundamentado en el riesgo para *Listeria monocytogenes* en productos de carne y pollo listos para el consumo. La ACIA ahora está evaluando la factibilidad de adaptar este enfoque para las inspecciones fitosanitarias. El modelo de enfoque de muestreo fundamentado en el riesgo de la ACIA se basó en la elaboración de clasificaciones relativas para los riesgos asociados con una gama de productos o instalaciones de producción en relación con su potencial de transmitir un solo patógeno de inquietud: *Listeria monocytogenes*.

El enfoque calcula el riesgo relativo del producto o de la instalación de producción y le asigna la frecuencia de inspecciones al año que debe asociarse con el producto o instalación. El modelo se basa en una serie de algoritmos que ajustan las frecuencias de inspección a cada producto o instalación, según factores de riesgo que incluyen;

- el riesgo inherente presentado por el producto;
- el riesgo mitigado que resulte de medidas particulares de control de procesos;
- el volumen del material que entra en el área en peligro; y
- el historial de cumplimiento de la combinación producto/origen.

Desde una perspectiva fitosanitaria, a menudo nos preocupamos por una gama de patógenos, artrópodos y otros contaminantes asociados con un solo producto. Puede que se necesite una manipulación bastante compleja del modelo existente para categorizar una gama de plagas en un solo producto; sin embargo, el modelo de enfoque de muestreo fundamentado en el riesgo ofrece un marco sólido que puede servir de base. Con solo unas cuantas modificaciones, este modelo se podría utilizar para producir un índice de riesgo relativo de los productos provenientes de productores o exportadores particulares. Esta aplicación sería muy útil para las inspecciones de productos, así como para las inspecciones y auditorías de instalaciones que están bajo enfoques de sistemas y programas de certificación, ya que daría a los importadores el incentivo de negociar con instalaciones que tienen un menor índice de riesgo.

Existen algunos desafíos asociados con la aplicación fitosanitaria del modelo de enfoque de muestreo fundamentado en el riesgo. Por ejemplo, en el modelo de enfoque fundamentado en el riesgo, la clasificación del volumen de producción se refiere a los kilogramos de producción anual para un producto en particular. No hay ninguna unidad consistente de medida que se utilice para calcularlo en productos vegetales: algunos productos se miden en unidades o en manojos, mientras que otros se miden en peso o volumen. Incluso dentro de un producto particular, hay variación en las unidades de medición que se registran. El principio básico tras la clasificación por volumen de producción es que el riesgo relativo aumenta con el volumen de producción.

La clasificación del cumplimiento es otro factor que podría plantear un reto; sin embargo, las ONPF podrían determinar este valor según el número de envíos de un producto particular que se aprueban, en comparación en el número de notificaciones de incumplimiento que se expiden para ese producto.

Existe el potencial de desarrollar diversos modelos de enfoques de muestreo fundamentado en el riesgo para diferentes categorías de escenarios fitosanitarios. En algunas situaciones, los datos que se necesitarían para poblar estos modelos no están siendo actualmente capturados por las ONPF; sin embargo, en la mayoría de los casos, los datos tales como el volumen, el origen y el exportador se podrían extrapolar de los documentos de envío. Estos modelos de enfoques de muestreo fundamentado en el riesgo se podrían aplicar como parte del proceso existente de evaluación de riesgos de sanidad vegetal para apoyar protocolos más eficientes de inspección y muestreo.

Referencias

- Health Canada. 2012. Validation of Ready-to-Eat Foods for Changing the Classification of a Category 1 into a Category 2A or 2B Food - in relation to Health Canada's Policy on *Listeria monocytogenes* in Ready-to-Eat Foods. <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/foodnutrition/legislation-guidelines/policies/validation-ready-foods-changing-classification-category-1-into-category-food-relation-policy-listeria-monocytogenes-ready-foods-2011.html>
- Masaoud, E. and Leclair, D. 2017. Quantitative Risk-Based Sampling Approach for *Listeria monocytogenes* in Ready-to-Eat Meat and Poultry Products: A Pilot Study. Canadian Society for Epidemiology and Biostatistics -CSEB 2017 Biennial Conference. May 30 – June 2. Banff, AB. <https://f2fe.app.box.com/s/hdswu2xvkl9wwwvns8he8dtrk59i7tvf/file/188563637170>
- Nørrung, B. 2000. Microbiological criteria for *Listeria monocytogenes* in foods under special consideration of risk assessment approaches. Int. J. Food Microbiol., 62(3): 217-221.

Hester et al. - ¿Qué hay de las propiedades para incentivar que tienen las reglas de inspección de bioseguridad?

Susie Hester^{1,2}, Anthony Rossiter³, Andreas Leibbrandt⁴, Gary Stoneham³ y Bo Wang⁵

¹Centre of Excellence for Biosecurity Risk Analysis: University of Melbourne, VIC, Australia;

²University of New England: UNE Business School, NSW, Australia; ³Centre for Market Design (Victorian Department of Treasury and Finance), VIC, Australia; ⁴Department of Economics and Monash Experimental Research Insights Team, Monash University, VIC, Australia; ⁵Commonwealth Government Department of Agriculture and Water Resources, ACT, Australia

El gobierno australiano ha reemplazado los requisitos de inspección obligatoria para vías seleccionadas de productos vegetales de bajo riesgo con arreglos en los que la frecuencia de inspección se basa en el historial de cumplimiento de un importador. Estos protocolos proponen que la probabilidad de que un material riesgoso para la bioseguridad se encuentre presente en un envío se relaciona con el cumplimiento pasado: los importadores que tienen un buen historial de cumplir con los requisitos de bioseguridad enfrentan menos inspecciones. Tales regímenes ofrecen el potencial de reducir los costos de cumplir con la reglamentación para las empresas que se ciñen a los requisitos de bioseguridad, al mismo tiempo que también liberan recursos, de manera que los reguladores de bioseguridad pueden reasignar recursos hacia actividades más críticas para mantener las normas de bioseguridad nacional.

Aunque el avance hacia regímenes de reglamentación fundamentados en el riesgo y en el cumplimiento pueda parecer que ofrecen eficiencia para el sistema, es importante reconocer que los humanos se comportan estratégicamente y responden a los incentivos en todos los dominios de la economía, incluida la bioseguridad: todas las reglas de inspección, por defecto, poseen incentivos para que las partes interesadas cumplan. Es probable que los cambios en las reglas impulsen un cambio de comportamiento entre los participantes de la cadena de importación-suministro y que estos cambios puedan o no alcanzar el objetivo de bioseguridad del regulador: las reglas podrían animar a los importadores a disminuir la tasa de riesgo relativo del material riesgoso para la bioseguridad en sus envíos, con el fin de reducir los futuros costos de inspección; o bien podrían fomentar el cumplimiento únicamente hasta que se alcance una menor frecuencia e intensidad de las inspecciones. Un gran desafío al diseñar protocolos adaptativos, flexibles y 'a prueba de estrategias' consiste en saber cómo los importadores y otros de la cadena de suministro pueden responder a los cambios. Si no se consideran las posibles respuestas conductuales, los resultados de cambios en las reglas puede que no correspondan a las expectativas del regulador.

Una serie de proyectos iniciados por el gobierno australiano han estado investigando la forma en que los regímenes de muestreo basado en el cumplimiento afectan los incentivos que enfrentan los importadores. Si bien la teoría económica aclara el incentivo y la arquitectura de información necesaria para diseñar las reglas adecuadas de inspección, diseñar reglas que se puedan implementar y que sean compatibles con los incentivos en el contexto de la bioseguridad es algo complejo y no bien comprendido. Se han utilizado entrevistas con los participantes de la cadena de importación-suministro, análisis estadísticos de los datos administrativos, experimentos de laboratorio y un ensayo de campo para evaluar una gama de protocolos de inspección que aprovechan la información privada de los importadores, utilizan incentivos y recurren a ideas provenientes de la economía del comportamiento para mejorar el cumplimiento de los objetivos de bioseguridad y reducir los costos del sistema.

Enlaces pertinentes

Rossiter, A. and Hester S. (2017). Designing biosecurity inspection regimes to account for stakeholder incentives: An inspection game approach. *Economic Record*, 93, 277–301. doi: 10.1111/1475-4932.12315

Rossiter, A., Hester, S., Aston, C., Sibley, J. and Woodhams, F. (2016). *Incentives for importer choices*, Final Report CEBRA 1304C, Centre of Excellence for Biosecurity Risk Analysis, University of Melbourne, 135pp. En http://cebra.unimelb.edu.au/data/assets/pdf_file/0020/2172152/CEBRA-Project-1304C-Final-Report.pdf

Ramírez Guzmán – Modelo fitosanitario predictivo para plagas cuarentenarias

Martha Elva Ramírez Guzmán

México – SENASICA – Colegio de Postgraduados – NAPPO

Algunas de las preguntas pertinentes que orientan la búsqueda de modelos fitosanitarios predictivos para plagas cuarentenarias son:

- ¿Qué plagas tienen la probabilidad de sobrepasar las detecciones nulas?
- ¿Cuáles son las plagas de alto riesgo y de bajo riesgo?
- ¿Cuáles son las áreas geográficas de alto riesgo en donde las detecciones de plagas sobrepasan las detecciones esperadas?
- ¿Qué es una inspección de muestreo del 100%?
- ¿Cómo llevar a cabo el muestreo de inspección a exportadores de alto riesgo y bajo riesgo que participan en el comercio internacional?
- ¿Vale la pena realizar un muestreo intermitente en el que se saltean lotes?
- ¿Es el riesgo diferente en los diferentes puertos, aeropuertos y puestos fronterizos terrestres?
- ¿Qué productos de alto riesgo están asociados con las detecciones de plagas?
- ¿Qué ubicaciones de inspección fitosanitaria son focos de detecciones de plagas?

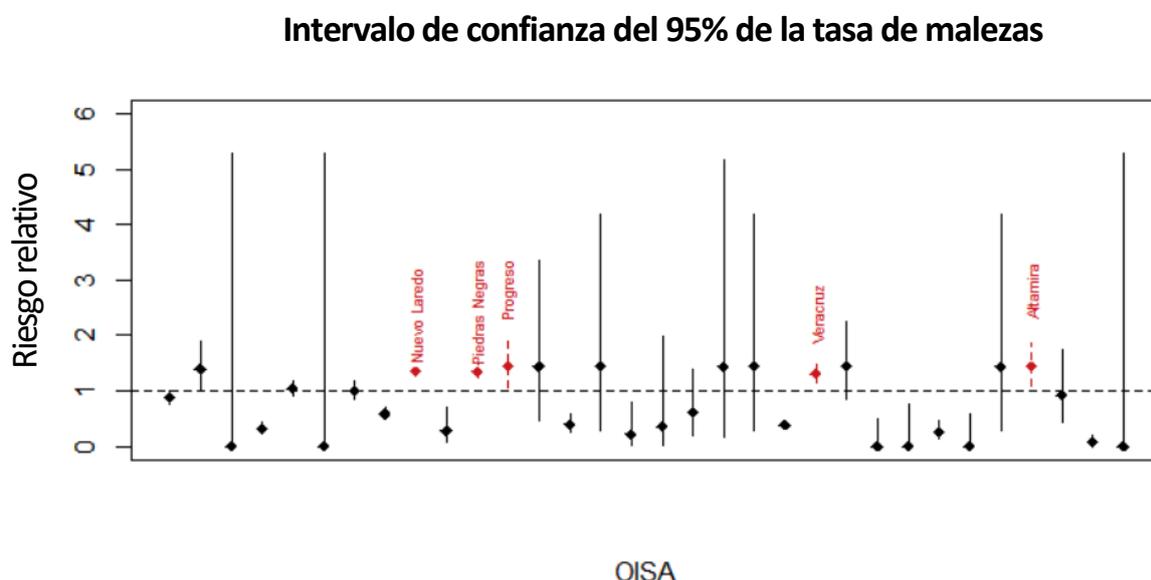
Para responder estas preguntas proponemos un enfoque que consiste en tres pasos:

1. Definir el riesgo estadísticamente para establecer una metodología estadística que estime la probabilidad de plagas riesgosas (puertos, oficinas de inspección, productos y áreas geográficas).
2. Establecer dos tipos de muestreo: muestrear el 100% de los envíos para exportadores/productos de alto riesgo y muestreo continuo (PMC-3) para importadores/productos de bajo riesgo.
3. Medir los cambios. En la medida en que este enfoque concentre los recursos de inspección en las plagas más riesgosas y fomenta exportadores más confiables/de menor riesgo, debería resultar en ahorro de costos y personal.

Métodos estadísticos para estimar el riesgo cuarentenario

Se proponen los siguientes modelos de regresión (véase el apéndice) para modelizar los datos de recuento con una distribución asimétrica y exceso de ceros, lo que caracteriza los datos de plagas cuarentenarias ([figura 1](#)). Se utilizará la regresión de Poisson para identificar los puertos riesgosos (McCullagh and Nelder, 1989). Se empleará la regresión binomial negativa (BN) para comparar la tasa de incidencia de varios tipos de plagas cuarentenarias y también predecir el número esperado de detecciones como función del volumen de los productos importados (Mullahy, 1986, McCullagh and Nelder, 1989). Se utilizará la regresión de vallas (*hurdles*) para identificar el tipo de plagas que sobrepasen las detecciones nulas y los tipos de plagas que tengan probabilidad de detecciones nulas (Zeileis *et al.*, 2008, Zeilis and Croissant, 2010). Se utilizarán varios estimados empíricos de Bayes, un modelo estructurado de regresión bayesiana aditiva (STAR) y un modelo condicional de autorregresión (jerárquico) para producir un mapa de riesgo cuarentenario (Marshall, 1991, Cressie, 1992, Best *et al.*, 2005, Hodges and Reich, 2010, Klein *et al.*, 2014).

Figura 2. Riesgo relativo =O/E, en donde O= detecciones totales observadas y E= detecciones esperadas con la distribución de Poisson.



Métodos de muestreo

Se proponen dos tipos de métodos de muestreo: a) inspección del 100% de los envíos con muestreo para importadores/productos de alto riesgo (al menos una detección de plagas en los últimos tres años); b) muestreo continuo (PMC-3) para importadores/productos de bajo riesgo (cero detecciones en los últimos tres años o más (Shilling, 1982).

Medición de las mejoras

A fin de medir el efecto de los dos primeros pasos de la metodología, se propone comparar el número de detecciones antes y después de aplicar los pasos. Los resultados que se esperan son los ahorros en personal y costos logrados al concentrarse en las plagas riesgosas, fomentar el incremento de exportadores confiables/de bajo riesgo y el uso de un plan de muestreo continuo (PMC-3) para los exportadores de bajo riesgo.

Resultados

La figura 2 de arriba muestra que Nuevo Laredo, Piedras Negras, Progreso, Veracruz y Altamira son los puestos fronterizos más problemáticos, dado que el límite inferior de confianza sobrepasa el 100% de riesgo relativo. Esta estimación se hizo con la **distribución de Poisson**.

El cuadro 1 a continuación muestra las tasas de incidencia de patógenos, tipo de entrada y producto con base en la **regresión BN**. Las tasas se pueden leer de la manera siguiente: la tasa de incidencia de malezas es 6.55 veces la tasa de incidencia para el grupo de referencia de virus, ácaros y moluscos (1.1). La tasa de incidencia para las entradas por puestos fronterizos terrestres es 17.43 veces la tasa de incidencia por los aeropuertos (0.27). La tasa de incidencia para la cebada es 8.93 veces la tasa de incidencia del ajo (1).

Cuadro 1. Tasas de incidencia de patógenos, tipo de entrada y producto.

Patógenos	
malezas	6.55
nematodos	2.04
hongos y bacterias	1.5
Virus, ácaros e insectos (grupo de referencia)	1.1
protozoarios, viroides y moluscos	0.02
Tipo de entrada	
puesto fronterizo terrestre	17.43
puerto marítimo	8.19
Aeropuerto (grupo de referencia)	0.27
Producto	
cebada	8.93
papa	7.81
linaza	7.72
lentejas	7.11
avena	6.48
Ajo (grupo de referencia)	1

La regresión de vallas (véase el apéndice) informó que las malezas, hongos, insectos, bacterias, virus y nematodos tenían una probabilidad mayor de cero $P[Y>0]$, lo que indica que una plaga estará presente. Una vez que se alcance esta probabilidad, la intensidad esperada de detecciones es $E(Y)=\exp(X'\beta)$, la cual determina cuántos casos se detectarán. Los casos esperados para estas plagas fueron 2.043, 1.668, 0.552, 0.499 y 0.481 para malezas, nematodos, bacterias, hongos y virus, respectivamente.

En particular, los mapas de riesgo relativo de las malezas ($RR=O/E$, O: detecciones observadas de plagas, E: detecciones esperadas de recuentos) se elaboraron con varios estimadores empíricos de Bayes (EB): El EBPB (estimador empírico de Bayes con distribución de Poisson para la probabilidad y distribución gamma para la probabilidad a priori, sin considerar la configuración espacial) (Clayton and Kaldor, 1987), el EBLN (estimador empírico de Bayes en el que tanto la probabilidad como la probabilidad a priori tienen distribución logarítmica normal) (Clayton and Kaldor, 1987), el EBMarshal (Marshall, 1991, quien propuso un estimador EB sin considerar la configuración espacial de las áreas pequeñas, solamente las probabilidades a priori para la media y la varianza), el EBMrshloc (Marshall, 1991, quien propuso un estimador EB considerando la configuración espacial de las áreas pequeñas). Los otros dos que se usaron consideran el patrón regional de los datos gracias a una matriz de vecindad (W): CarBayes, modelo condicional de autorregresión con una matriz de vecindad (Lee and Richard Mitchell, 2012) y PGBayesX (Fahrmeir *et al.*, 2013, con funciones de *spline* usando el modelo de Poisson para la probabilidad y la distribución gamma para una probabilidad a priori). El último se podría utilizar para incluir variables climáticas. La figura 3 muestra que el mejor modelo es el PGBayesX, dado que indica un criterio de información de menor desviación (DIC), en contraste con el CarBayes. También, las predicciones de RR del PGBayesX muestran una distribución simétrica y el mínimo error cuadrático medio (MSE). Si el RR sobrepasa 1, se ha identificado un área de plagas de alto riesgo. Un mapa de riesgos tomado del modelo PGBayesX muestra que los estados mexicanos que tienen un alto riesgo de infiltración de malezas son Chihuahua y Sinaloa (40% de riesgo) y BCS, Tamaulipas y Sonora (35% de riesgo).

Figura 3. Tasas de predicción del riesgo derivadas de los estimadores empíricos, el modelo de regresión estructural y el modelo condicional de autorregresión.

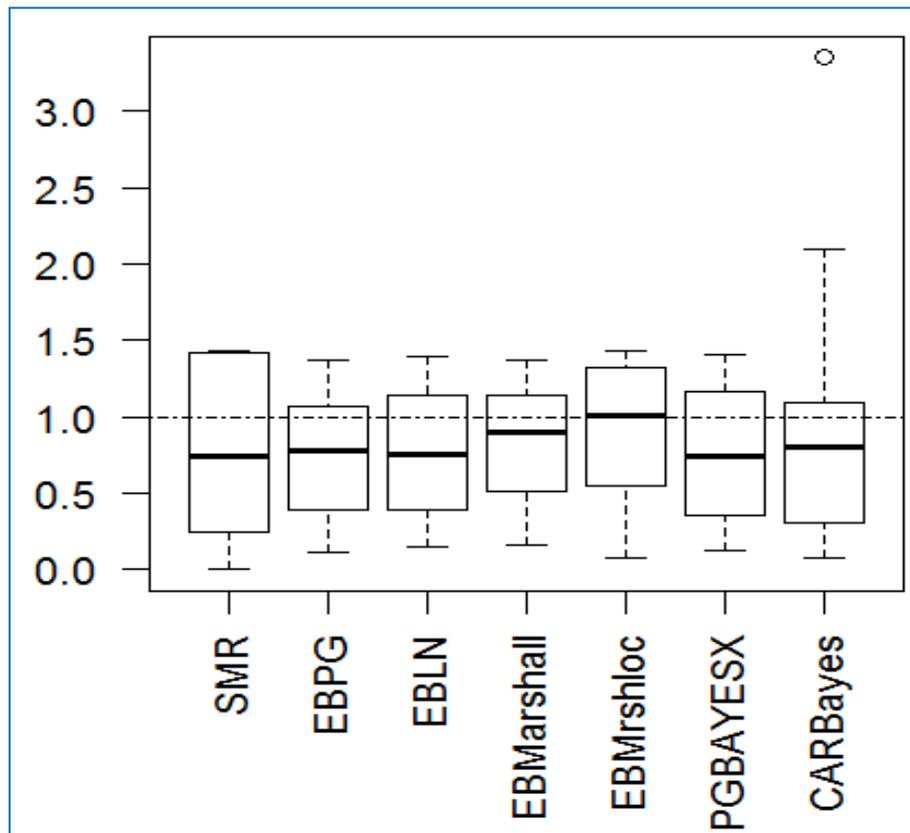
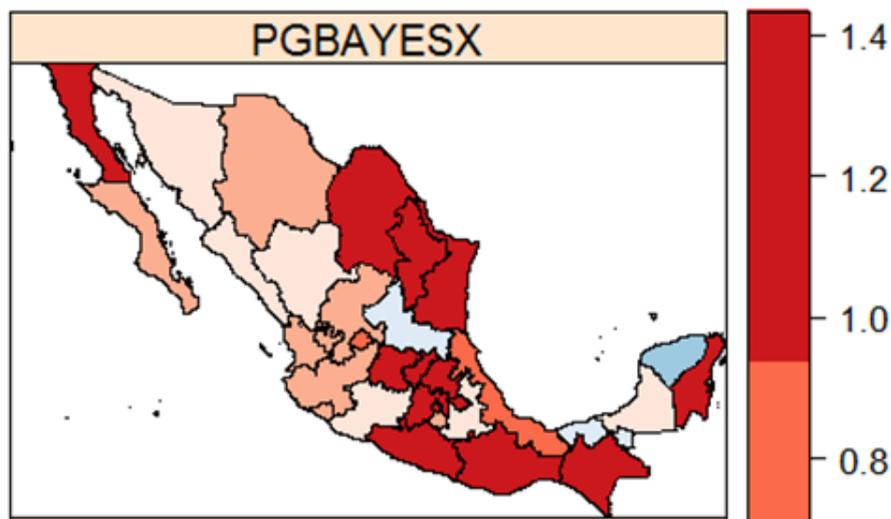


Figura 4. Mapa de predicción del riesgo para malezas.



Ejemplos de los métodos de muestreo

Se pueden encontrar manuales para inspeccionar semillas, granos, frutas y hortalizas, productos deshidratados, flores cortadas y follaje fresco y material vegetal propagativo en Ramírez Guzmán y López Tirado (2006 y 2007). Un análisis de simulación de Montecarlo basado en la implementación de un régimen de PMC-3 (Schilling, 1982) para importadores de bajo riesgo en México en 2013 demostró que se alcanzó aproximadamente un 49.78% de ahorro en costos (en pesos). El análisis

supuso un muestreo continuo para los importadores que tenían al menos tres años de cero detecciones de plagas cuarentenaria.

Conclusiones

Se recomienda la regresión BN para estimar la probabilidad del riesgo de plagas cuarentenarias. La regresión de vallas sería útil para estimar la probabilidad de que el riesgo sobrepase un umbral de cero detecciones y para estimar la intensidad de las detecciones esperadas, una vez atravesado el umbral de cero. La regresión de vallas podría ser útil para medir la eficacia de controles más estrictos de inspección. Los modelos STAR son una buena opción para representar la variación gráfica del riesgo fitosanitario. Podría ser conveniente proponer una nueva norma en el Diario Oficial of México para que incluyera los modelos de regresión BN, de vallas y STAR, con el fin de monitorear y representar geográficamente el riesgo de plagas cuarentenarias.

Referencias

- Best, N., Richardson, S. and Thomson, A. (2005). A comparison of bayesian spatial models for disease mapping. *Statistical Methods in Medical Research* 14, 35 - 59.
- Cressie N (1992) Smoothing regional maps using empirical Bayes predictors. *Geographical Analysis* 24:75-95.
- Fahrmeir, L., Kneib, T., Lang, S., Marx, B. (2013): *Regression: Models, Methods and Applications*, New York: Springer-Verlag.
- Hodges J. and Reich B. (2010). Adding spatially-correlated errors can mess up the fixed effect you love. *The American Statistician*, 64(4):325–334, 2010. [p1, 3].
- Lee D. and Mitchell R. (2012). Locally adaptive spatial smoothing using conditional autoregressive models. *Applied Statistics* 62(4).
- Marshall R. M. (1991) Mapping disease and mortality rates using Empirical Bayes Estimators, *Applied Statistics*, 40, 283 - 294.
- McCullagh, P. and Nelder, J.A. (1989). *Generalized Linear Models*, Second Edition. London: Chapman and Hall.
- Mullahy J (1986). Specification and Testing of Some Modified Count Data Models. *Journal of Econometrics*, 33, 341–365.
- Klein, N., Kneib, T. and Lang, S.(2014). Bayesian Generalized Additive Models for Location, Scale and Shape for Zero-Inflated and Overdispersed Count Data. Próximo a figurar en el *Journal of the American Statistical Association*.
- Ramírez-Guzmán and López-Tirado (2006). Metodología Estadística para la Inspección de Semillas. https://www.researchgate.net/profile/M_E_Ramirez_Guzman/publications?sorting=newest&page=2.
- Ramírez Guzmán and López Tirado (2007). Determinación de metodologías de muestreo y tamaños de muestra en embarques de importación para realizar análisis de laboratorio para flor cortada y follaje fresco. https://www.researchgate.net/profile/M_E_Ramirez_Guzman/publications?sorting=newest&page=2.
- Ramírez Guzmán and López Tirado (2007). Determinación de metodologías de muestreo y tamaños de muestra en embarques de importación para realizar análisis de laboratorio para material vegetal propagativo. https://www.researchgate.net/profile/M_E_Ramirez_Guzman/publications?sorting=newest&page=2.
- Ramírez Guzmán and López Tirado (2007). Determinación de metodologías de muestreo y tamaños de muestra en embarques de importación para realizar análisis de laboratorio para granos. https://www.researchgate.net/profile/M_E_Ramirez_Guzman/publications?sorting=newest&page=2.

- Ramírez Guzmán and López Tirado (2007). Determinación de metodologías de muestreo y tamaños de muestra en embarques de importación para realizar análisis de laboratorio para frutas y hortalizas.
https://www.researchgate.net/profile/M_E_Ramirez_Guzman/publications?sorting=newest&page=2.
- Ramírez Guzmán and López Tirado (2007). Determinación de metodologías de muestreo y tamaños de muestra en embarques de importación para realizar análisis de laboratorio para productos deshidratados.
https://www.researchgate.net/profile/M_E_Ramirez_Guzman/publications?sorting=newest&page=2.
- Schilling E.G. (1982). Acceptance sampling in quality control. ASQC Quality Press. United States of America.
- Zeileis A and Croissant Y (2010). "Extended Model Formulas in R: Multiple Parts and Multiple Responses." *Journal of Statistical Software*, 34(1), 1{13. ISSN 1548-7660. URL <http://www.jstatsoft.org/v34/i01>,<http://CRAN.R-project.org/package=Formula>.
- Zeileis A, Kleiber C and Jackman S (2008). "Regression Models for Count Data in R." *Journal of Statistical Software*, 27(8), 1{25. ISSN 1548-7660. URL <http://www.jstatsoft.org/v27/i08>.

Apéndice

- Poisson:

$$f(y_i/x_i^T, \mu_i) = \frac{\exp(-\mu_i)\mu_i^{y_i}}{y_i!}; E(y_i/x_i^T) = \mu_i$$
- BN:

$$f(y_i/\mu_i, \theta) = \frac{\Gamma(y_i+\theta)}{\Gamma(\theta)y_i!} \frac{\mu_i^{y_i}\theta^\theta}{(\mu_i+\theta)^{y_i+\theta}}; E(y_i/x_i^T) = \mu_i$$
- RIC:

$$f_{zero_inflation}(y_i/x_i^T, z_i^T, \beta, \gamma) =$$

$$f_{zero}(0/z_i^T, \gamma)I_{\{0\}}(y_i) + (1 - f_{zero}(0/z_i^T, \gamma)) \cdot f_{count}(y_i/x_i^T, \beta)$$

$$E(y_i/x_i^T) = \pi_i \cdot 0 + (1 - \pi_i) \cdot \exp(x_i^T \beta); \pi_i = f_{zero}(0/z_i^T, \gamma)$$
- Hurdle:

$$f_{hurdle}(y_i/x_i^T, z_i^T, \beta, \gamma) =$$

$$\begin{cases} f_{zero}(0/z_i^T, \gamma), & \text{if } y_i = 0 \\ \frac{(1-f_{zero}(0/z_i^T, \gamma)) \cdot f_{count}(y_i/x_i^T, \beta)}{(1-f_{count}(0/x_i^T, \beta))}, & \text{si } y_i > 0 \end{cases}$$

$$E(y_i/x_i^T) =$$

$$\exp[x_i^T \beta + \log(1 - f_{zero}(0/z_i^T, \gamma)) - \log(1 - f_{count}(0/x_i^T, \beta))]$$
- $SMR_i = O_i/E_i$, en donde $O_i \sim P(E_i\theta_i)$, E_i es el número de casos en la región i y θ_i es el riesgo relativo. $Var(SMR_i) = O_i/E_i^2$. Es menos eficiente para áreas de poca población.
- EBPG: Con el modelo de Poisson para probabilidad y gamma para la distribución a priori para estimar los parámetros: v y α que alisan rr: $(O_i + v)/(E_i + \alpha)$
- EBLN: con el modelo logarítmico normal, tanto para la probabilidad como para la probabilidad a priori (Cressie, 1992). La misma falla que el EBPG.
- EBMarshall: Considera el patrón regional de los datos; sin embargo, tiene la misma falla que el modelo EBPG.
- EBMarsloc: Considera el patrón regional local de los datos.

- PGBAYESX (un modelo de regresión aditiva estructurada: STAR).
Un modelo GAM no lineal para datos espacialmente correlacionados con superficies bidimensionales y heterogeneidad entre los individuos.
 $\eta_r = X\beta + f_{\text{espac}}(\text{AREA})$
 r es una variable genérica. La función f puede contener efectos no lineales, espaciales, globales y locales. Los efectos locales como:
 $f_{\text{espac}}(\text{AREA}) = \beta_x$, en donde $\beta_x \sim N(0, \tau^2)$
No incluye W .
- CARBayes: Modelo ((jerárquico) condicional de autorregresión:
Utiliza W de vecinos.
 $\eta(\mu_k) = X\beta + \varphi_k + O_k$
 φ_k es el efecto aleatorio, O_k es el *offset* (observaciones). Este modelo capta la correlación espacial local de los datos, incluso después de eliminar el efecto de las covariables. El condicionamiento es sobre los efectos aleatorios de las áreas adyacentes por medio de (W).

Chunhua – Metodologías de cuarentena vegetal para el muestreo utilizadas por la ONPF de China

Chunhua Dong

Administración General de Supervisión de Calidad, Inspección y Cuarentena (AQSIQ), China

La ONPF de China está organizada en tres secciones principales: Administración General de Supervisión de Calidad, Inspección y Cuarentena, Inspección y Calidad de China (AQSIQ – CIQ), el Ministerio de Agricultura (MOA) y la Administración Forestal Estatal (SFA). AQSIQ - CIQ es la rama responsable de inspeccionar los productos de importación y exportación a nivel nacional, de conformidad con las leyes de la República Popular China.

Según la orientación y las metodologías contenidas en las NIMF 23 y la NIPF, China ha elaborado protocolos de muestreo para diferentes productos vegetales. El análisis de riesgos fundamenta los niveles de tolerancia de plagas. Para semillas y plantas destinadas a la propagación, los niveles de tolerancia de plagas no cuarentenarias reglamentadas se negocian bilateralmente.

En China, los inspectores se asignan para inspeccionar productos que tienen diferentes niveles de riesgo. Los productos de mayor riesgo son inspeccionados por los inspectores que tienen formación profesional más extensa, un nivel de educación superior, conocimientos profundos de las normativas y reglamentos y poseen la capacidad de hablar inglés.

China tiene leyes y reglamentos pertinentes, estipula impartir continuamente capacitación en el trabajo a los inspectores acerca de las inspecciones, desarrolla protocolos de muestreo que siguen las normas internacionales y emplea un sistema riguroso de muestreo con base científica.

García-Figuera y McRoberts – Mapeo cognitivo

Sara García-Figuera y Neil McRoberts*

Grupo de Investigación Cuantitativa en Biología y Epidemiología, Departamento de Fitopatología
Universidad de California, Davis, CA 95616.

*nmcroberts@ucdavis.edu

La presentación de apertura por estos autores se utilizó para introducir una serie de ideas que pudieran ser útiles al estudiar las barreras para adoptar el muestreo fundamentado en el riesgo (MFR). La presentación recurrió a ideas tomadas de la teoría clásica de difusión de la innovación, la economía conductual y la investigación original sobre teoría de información y su uso para comprender las funciones de los acomodados entre exactitud y simplicidad en los modelos de la realidad. Naturalmente, esto lleva a considerar los modelos mentales que la gente construye para entender pedacitos del mundo y la segunda mitad de la presentación se dedicó a un ejercicio relacionado con el mapeo cognitivo en el que participaron los asistentes al Simposio.

Se invitó al público a que participara en la elaboración de un mapa cognitivo difuso (MCD) de los determinantes y restricciones de la adopción del MFR. Los MCD son representaciones gráficas de sistemas complejos basadas en las percepciones de la gente, en las cuales los nodos representan eventos o conceptos del mundo y los arcos representan las conexiones causales entre los nodos. Los valores numéricos de los arcos, que suelen estar en el intervalo $[-1, 1]$, son las ponderaciones difusas, los grados difusos de creencia o implicaciones (*entailments*) difusas. Por consiguiente, un MCD es un resumen gráfico de un conjunto de enunciados causales ('si... entonces') que también se pueden representar en una matriz, en la cual los elementos e_{ij} serían las ponderaciones difusas de los arcos entre los nodos n_i y n_j del MCD (Kafetzis, McRoberts et al. 2010). La matriz del MCD puede utilizarse para analizar el comportamiento del sistema a través de simulaciones de escenarios con el uso de multiplicaciones de la matriz.

El MCD de adopción del MFR se construyó en vivo durante el Simposio con ayuda del software Mental Modeler (<http://www.mentalmodeler.org/#home>). Después de crear el nodo central 'Aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo', se invitó a los asistentes al Simposio a sugerir cualquier concepto (otros nodos) que según ellos aumentarían o disminuirían la adopción del MFR.

Mapa cognitivo difuso original de adopción del muestreo fundamentado en el riesgo

EL MCD original que se creó durante el Simposio (**Error! Not a valid bookmark self-reference.**) contenía 37 nodos conectados por 34 arcos. Los arcos anaranjados representaban interacciones negativas ("si el nodo A aumenta, el nodo B disminuye"); y los arcos azules representaban interacciones positivas ("si el nodo A aumenta, el nodo B aumenta"). A los arcos positivos se les dio una ponderación difusa de +1 y los arcos negativos recibieron una ponderación difusa de -1. El MCD tenía una densidad de 0.026, con un promedio de 0.919 conexiones por componente. La cercanía de este último número al 1 refleja el hecho de que la mayoría de los nodos estaban conectados a solo un nodo, predominantemente a uno de los dos nodos centrales: '**Aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo**' y '**Resistencia al cambio**', lo que rápidamente se identificó como una restricción clave para la adopción del MFR. La mayor parte de los nodos (29) eran componentes determinantes o nodos que causan un aumento/disminución en otros nodos, pero que no están sujetos ellos mismos a ningún efecto causal. El surgimiento de tantos nodos determinantes que carecían de conexiones entre sí se vio probablemente fomentado por la forma en que se condujo el Simposio. A medida que los asistentes a la sesión levantaban la mano, se captaban en el MCD sus sugerencias de nodos que se podrían conectar al MFR, lo que dejó poco tiempo para pensar en las posibles conexiones entre esos nodos. El nodo central '**Aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo**' fue el único componente receptor (que no ocasionaba ningún aumento/disminución en

sistemas complejos basadas en las percepciones de la gente, en las cuales los nodos representan eventos o conceptos del mundo y los arcos representan las conexiones causales entre los nodos. Los valores numéricos de los arcos, que suelen estar en el intervalo $[-1, 1]$, son las ponderaciones difusas, los grados difusos de creencia o implicaciones (*entailments*) difusas. Por consiguiente, un MCD es un resumen gráfico de un conjunto de enunciados causales ('si... entonces') que también se pueden representar en una matriz, en la cual los elementos e_{ij} serían las ponderaciones difusas de los arcos entre los nodos n_i y n_j del MCD (Kafetzis, McRoberts et al. 2010). La matriz del MCD puede utilizarse para analizar el comportamiento del sistema a través de simulaciones de escenarios con el uso de multiplicaciones de la matriz.

El MCD de adopción del MFR se construyó en vivo durante el Simposio con ayuda del software Mental Modeler (<http://www.mentalmodeler.org/#home>). Después de crear el nodo central 'Aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo', se invitó a los asistentes al Simposio a sugerir cualquier concepto (otros nodos) que según ellos aumentarían o disminuirían la adopción del MFR.

Mapa cognitivo difuso original de adopción del muestreo fundamentado en el riesgo

EL MCD original que se creó durante el Simposio (**Error! Not a valid bookmark self-reference.**) contenía 37 nodos conectados por 34 arcos. Los arcos anaranjados representaban interacciones negativas ("si el nodo A aumenta, el nodo B disminuye"); y los arcos azules representaban interacciones positivas ("si el nodo A aumenta, el nodo B aumenta"). A los arcos positivos se les dio una ponderación difusa de +1 y los arcos negativos recibieron una ponderación difusa de -1. El MCD tenía una densidad de 0.026, con un promedio de 0.919 conexiones por componente. La cercanía de este último número al 1 refleja el hecho de que la mayoría de los nodos estaban conectados a solo un nodo, predominantemente a uno de los dos nodos centrales: '**Aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo**' y '**Resistencia al cambio**', lo que rápidamente se identificó como una restricción clave para la adopción del MFR. La mayor parte de los nodos (29) eran componentes determinantes o nodos que causan un aumento/disminución en otros nodos, pero que no están sujetos ellos mismos a ningún efecto causal. El surgimiento de tantos nodos determinantes que carecían de conexiones entre sí se vio probablemente fomentado por la forma en que se condujo el Simposio. A medida que los asistentes a la sesión levantaban la mano, se captaban en el MCD sus sugerencias de nodos que se podrían conectar al MFR, lo que dejó poco tiempo para pensar en las posibles conexiones entre esos nodos. El nodo central '**Aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo**' fue el único componente receptor (que no ocasionaba ningún aumento/disminución en ningún otro nodo, aunque recibía esas interacciones) y solo hubo 4 componentes ordinarios (nodos que determinan y reciben interacciones). Estos fueron los de '**Resistencia al cambio**', '**Estatus autopercebido**', '**Conducta histórica**' y '**Falta de entendimiento**'. También, debido al ritmo rápido en el que los asistentes sugerían nuevos nodos, apenas quedó tiempo para capturar todas las interacciones sugeridas y tres nodos se quedaron sin ninguna conexión: '**Falta de documentación/directrices**'; '**No confiar en el mensajero**' y '**Falta de capacitación**'.

se dejó en la pantalla para estimular las discusiones del grupo, mientras que la matriz asociada con el MCD se descargó para conducir una simulación. Esta matriz, compuesta de las ponderaciones difusas de los arcos entre los nodos, se multiplicó por un vector de estados iniciales de los nodos, en los cuales los nodos que estaban activos correspondían a 1 y los nodos que estaban inactivos correspondían a un 0. Las multiplicaciones subsiguientes de la matriz simulaban la dinámica del sistema (Kafetzis, McRoberts et al. 2010, Ortolani, McRoberts et al. 2010). El objetivo de esta simulación era predecir el impacto que tendrían los nodos en la aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo.

Dentro del tiempo disponible durante esta sesión, la primera simulación (**Error! Not a valid bookmark self-reference.**) consideró un escenario en el que todos los nodos estaban inicialmente activos, excepto el nodo central '**Aceptación de muestreo fundamentado en el riesgo**'. El objetivo de esta simulación era poner a prueba si la existencia de todos los nodos relacionados con el MFR y

sus interacciones causales asociadas predecían una activación de la aceptación del MFR, indicada por un valor positivo en su celda correspondiente; o bien un rechazo, indicado por un valor negativo. El vector de estados iniciales (la columna azul en la [figura 2](#)) se multiplicó por la matriz del MCD y el vector de resultados se muestra en la tercera columna de la [figura 2](#), llamado ciclo 1. En el paso siguiente, el vector del ciclo 1 se multiplicó por la matriz del MCD y el vector de resultados se muestra bajo ciclo 2. Se repitieron multiplicaciones subsiguientes de la matriz hasta que se alcanzó un ciclo límite (un patrón repetitivo), que en este caso es el ciclo 4. Para facilidad de interpretación, cualquier valor por encima de cero en las celdas de los vectores de resultados (que representan un incremento en la actividad del nodo correspondiente, o sea, una regulación al alza) se convirtió a un valor de 1 y las celdas eran verdes. Los valores negativos (disminución en la actividad o regulación a la baja) se convirtieron a un valor de -1 y las celdas eran rojas. Las celdas con un valor de 0, correspondiente a los nodos que estaban desactivados para ese ciclo, se muestran en gris.

Figura 2: Resultados de la primera simulación utilizando la versión original del MCD de la adopción del MFR. Todos los nodos, excepto el de 'Aceptación del MFR', están activados en el vector de estados iniciales (columna azul) y se le permite al sistema cambiar libremente, de conformidad con las interacciones captadas en el modelo. Los nodos que están regulados al alza en un ciclo específico se muestran en verde y los nodos que están regulados a la baja se muestran en rojo. Los nodos que están desactivados se muestran en gris.

		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
Aceptación del MFR	0	1	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
Resistencia al cambio	1	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
Falta de entendimiento	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capacitación adecuada y focalizada	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temor a perder paga por horas extra	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Engorroso de usar	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mala comunicación del riesgo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
No tener instalaciones	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conducta histórica	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cambio en jerarquía de conocimientos	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Compatibilidad	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Observabilidad	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estatus autopercebido	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo de recolección y análisis de datos	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temor a entrada de plagas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
No confiar en el mensajero	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falta de capacitación	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falta de documentación/directrices	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mejores resultados	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Forma más eficiente de trabajar	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retroalimentación	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Compromiso	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Presión de pares internacionales	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Más investigación científica	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muchas instalaciones a nivel nacional	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pocas instalaciones a nivel nacional	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aceptación de la industria	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mala administración	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acceso a herramientas de capacitación	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Buena divulgación y comunicaciones	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aprobación reglamentaria del MFR	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anomalías	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Impulso	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ambiente de riesgos	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coordinación interagencial	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simplificación	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uso eficiente de los recursos	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

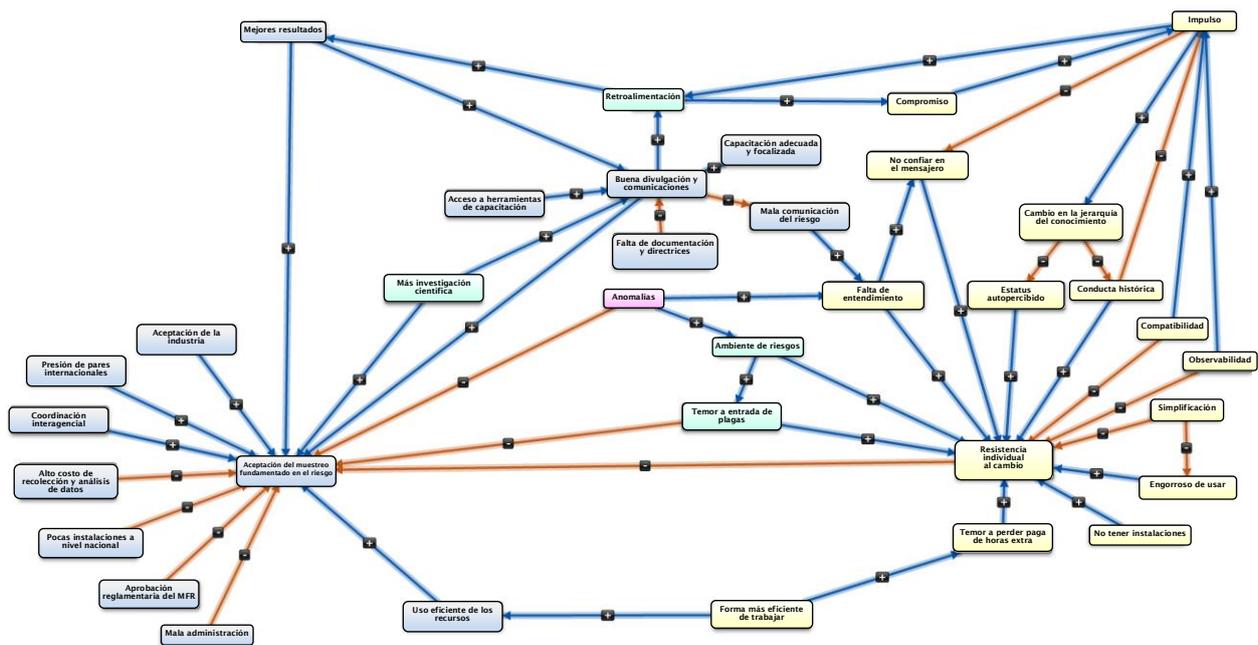
Los resultados de la primera simulación, mostrados en la [figura 2](#), sugieren que, si existen todos los conceptos representados por los nodos y si ocasionan los efectos positivos o negativos captados en el modelo, la aceptación del MFR se activaría inicialmente en el ciclo 1, luego se desactivaría para el

ciclo siguiente, se activaría una vez más en el ciclo 3 y luego se desactivaría, igual que el resto de los nodos, del ciclo 4 en adelante. Por consiguiente, la simulación sugiere que las interacciones positivas que conducen a la activación del MFR predominan sobre las interacciones negativas; pero que no hay suficientes conexiones entre los nodos para impedir la inactivación de todo el sistema después del ciclo 4. Para que el modelo corresponda más de cerca a la realidad y ofrezca predicciones más valiosas, el MCD tendría que refinarse, posiblemente agrupando nodos relacionados y estableciendo entre ellos conexiones causales.

Segunda versión del mapa cognitivo difuso de la adopción del MFR

En consecuencia, el MCD original de la adopción del muestreo fundamentado en el riesgo se refinó hasta llegar a una segunda versión después del Simposio. Los nodos y las relaciones causales que se sugirieron durante el Simposio se reconfiguraron para que reflejaran mejor las interacciones que existían entre los conceptos relacionados con la adopción del MFR. La nueva versión se muestra en la **Error! Not a valid bookmark self-reference.**

Figura 3: Segunda versión del mapa cognitivo difuso de la aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo. Los arcos anaranjados representan interacciones negativas y los arcos azules representan interacciones positivas. Los conceptos que operan en las percepciones/conducta individuales se representan con nodos amarillos; en un nivel institucional con nodos azules; y en ambos con nodos verdes. El nodo rosado se identificó como una propiedad emergente.



Los nodos se separaron en dos grupos principales, según criterio expertos, dependiendo de que operaran en las percepciones/comportamientos individuales (nodos amarillos) o a nivel institucional (nodos azules). Algunos conceptos (nodos verdes) se aplicaban a ambos y un nodo ('Anomalías' o resultados espurios de muestreo) se identificó como una propiedad emergente (nodo rosado). El número de nodos se redujo de 37 en el MCD original (García-Figuera y McRoberts – Mapeo cognitivo

Sara García-Figuera y Neil McRoberts*

Grupo de Investigación Cuantitativa en Biología y Epidemiología, Departamento de Fitopatología
 Universidad de California, Davis, CA 95616.

La presentación de apertura por estos autores se utilizó para introducir una serie de ideas que pudieran ser útiles al estudiar las barreras para adoptar el muestreo fundamentado en el riesgo (MFR). La presentación recurrió a ideas tomadas de la teoría clásica de difusión de la innovación, la economía conductual y la investigación original sobre teoría de información y su uso para comprender las funciones de los acomodados entre exactitud y simplicidad en los modelos de la realidad. Naturalmente, esto lleva a considerar los modelos mentales que la gente construye para entender pedacitos del mundo y la segunda mitad de la presentación se dedicó a un ejercicio relacionado con el mapeo cognitivo en el que participaron los asistentes al Simposio.

Se invitó al público a que participara en la elaboración de un mapa cognitivo difuso (MCD) de los determinantes y restricciones de la adopción del MFR. Los MCD son representaciones gráficas de sistemas complejos basadas en las percepciones de la gente, en las cuales los nodos representan eventos o conceptos del mundo y los arcos representan las conexiones causales entre los nodos. Los valores numéricos de los arcos, que suelen estar en el intervalo $[-1, 1]$, son las ponderaciones difusas, los grados difusos de creencia o implicaciones (*entailments*) difusas. Por consiguiente, un MCD es un resumen gráfico de un conjunto de enunciados causales ('si... entonces') que también se pueden representar en una matriz, en la cual los elementos e_{ij} serían las ponderaciones difusas de los arcos entre los nodos n_i y n_j del MCD (Kafetzis, McRoberts et al. 2010). La matriz del MCD puede utilizarse para analizar el comportamiento del sistema a través de simulaciones de escenarios con el uso de multiplicaciones de la matriz.

El MCD de adopción del MFR se construyó en vivo durante el Simposio con ayuda del software Mental Modeler (<http://www.mentalmodeler.org/#home>). Después de crear el nodo central 'Aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo', se invitó a los asistentes al Simposio a sugerir cualquier concepto (otros nodos) que según ellos aumentarían o disminuirían la adopción del MFR.

Mapa cognitivo difuso original de adopción del muestreo fundamentado en el riesgo

EL MCD original que se creó durante el Simposio (**Error! Not a valid bookmark self-reference.**) contenía 37 nodos conectados por 34 arcos. Los arcos anaranjados representaban interacciones negativas ("si el nodo A aumenta, el nodo B disminuye"); y los arcos azules representaban interacciones positivas ("si el nodo A aumenta, el nodo B aumenta"). A los arcos positivos se les dio una ponderación difusa de +1 y los arcos negativos recibieron una ponderación difusa de -1. El MCD tenía una densidad de 0.026, con un promedio de 0.919 conexiones por componente. La cercanía de este último número al 1 refleja el hecho de que la mayoría de los nodos estaban conectados a solo un nodo, predominantemente a uno de los dos nodos centrales: '**Aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo**' y '**Resistencia al cambio**', lo que rápidamente se identificó como una restricción clave para la adopción del MFR. La mayor parte de los nodos (29) eran componentes determinantes o nodos que causan un aumento/disminución en otros nodos, pero que no están sujetos ellos mismos a ningún efecto causal. El surgimiento de tantos nodos determinantes que carecían de conexiones entre sí se vio probablemente fomentado por la forma en que se condujo el Simposio. A medida que los asistentes a la sesión levantaban la mano, se captaban en el MCD sus sugerencias de nodos que se podrían conectar al MFR, lo que dejó poco tiempo para pensar en las posibles conexiones entre esos nodos. El nodo central '**Aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo**' fue el único componente receptor (que no ocasionaba ningún aumento/disminución en ningún otro nodo, aunque recibía esas interacciones) y solo hubo 4 componentes ordinarios (nodos que determinan y reciben interacciones). Estos fueron los de '**Resistencia al cambio**', '**Estatus autopercibido**', '**Conducta histórica**' y '**Falta de entendimiento**'. También, debido al ritmo rápido en el que los asistentes sugerían nuevos nodos, apenas quedó tiempo para capturar todas las interacciones sugeridas y tres nodos se quedaron sin ninguna conexión: '**Falta de documentación/directrices**'; '**No confiar en el mensajero**' y '**Falta de capacitación**'.

) a 35 en esta nueva versión (Los resultados de la primera simulación, mostrados en la [figura 2](#), sugieren que, si existen todos los conceptos representados por los nodos y si ocasionan los efectos positivos o negativos captados en el modelo, la aceptación del MFR se activaría inicialmente en el ciclo 1, luego se desactivaría para el ciclo siguiente, se activaría una vez más en el ciclo 3 y luego se desactivaría, igual que el resto de los nodos, del ciclo 4 en adelante. Por consiguiente, la simulación sugiere que las interacciones positivas que conducen a la activación del MFR predominan sobre las interacciones negativas; pero que no hay suficientes conexiones entre los nodos para impedir la inactivación de todo el sistema después del ciclo 4. Para que el modelo corresponda más de cerca a la realidad y ofrezca predicciones más valiosas, el MCD tendría que refinarse, posiblemente agrupando nodos relacionados y estableciendo entre ellos conexiones causales.

Segunda versión del mapa cognitivo difuso de la adopción del MFR

En consecuencia, el MCD original de la adopción del muestreo fundamentado en el riesgo se refinó hasta llegar a una segunda versión después del Simposio. Los nodos y las relaciones causales que se sugirieron durante el Simposio se reconfiguraron para que reflejaran mejor las interacciones que existían entre los conceptos relacionados con la adopción del MFR. La nueva versión se muestra en la [Error! Not a valid bookmark self-reference.](#)

); y el número de arcos se incrementó de 34 a 52, lo que resultó en una densidad de 0.044 (en vez de 0.026 en la versión original) y en un promedio de 1.486 conexiones por componente (en contraposición a 0.919). Entonces, esta segunda versión del modelo tenía más conexiones entre los nodos que la versión original. También, el nuevo modelo tenía 17 componentes determinantes, 1 componente receptor (el nodo central '**Aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo**') y 17 componentes ordinarios. La puntuación de complejidad en esta segunda versión fue de 0.059.

De nuevo, se realizó una simulación para poder poner a prueba si la segunda versión del modelo predecía una activación de la aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo, si el resto de los nodos estuvieran inicialmente activos. Los resultados se muestran en la [Figura 4](#) e indican que bajo estas condiciones, la aceptación del MFR estaría inactiva en el ciclo 1, regulada a la baja en el ciclo 2, desactivada en el ciclo 3 y luego quedaría irreversiblemente regulada al alza a partir del ciclo 4. Por consiguiente, la simulación con la segunda versión del modelo sugiere que, aunque pudiera tomar cierto tiempo, el muestreo fundamentado en el riesgo finalmente sería adoptado si todos los nodos y las interacciones captadas en el modelo existieran y estuvieran todos operando desde el inicio de la regulación. Como algo interesante, la simulación también predice que siete nodos adicionales estarían constantemente regulados al alza después del ciclo 4, los cuales corresponden a '**Cambio en la jerarquía de conocimientos**', '**Mejores resultados**', '**Retroalimentación**', '**Compromiso**', '**Buena divulgación y comunicaciones**' e '**Impulso**'. Por consiguiente, estos podrían ser elementos importantes que se deben considerar al tratar de promover la adopción del muestreo fundamentado en el riesgo. Por otra parte, se predice que seis nodos están constantemente regulados a la baja a partir del ciclo 3: '**Resistencia individual al cambio**', '**Falta de entendimiento**', '**Mala comunicación del riesgo**', '**Conducta histórica**', '**Estatus autopercebido**' y '**No confiar en el mensajero**'. En consecuencia, podría ser importante tomar medidas sobre estos nodos para favorecer la adopción del MFR. Finalmente, una cantidad elevada de nodos solo estaban conectados por una relación causal con otro nodo y se desactivaron después de un ciclo. Esto podría indicar que no tenían ninguna influencia pertinente en la adopción del MFR o bien que el modelo aún necesita conexiones que faltan entre los nodos presentes.

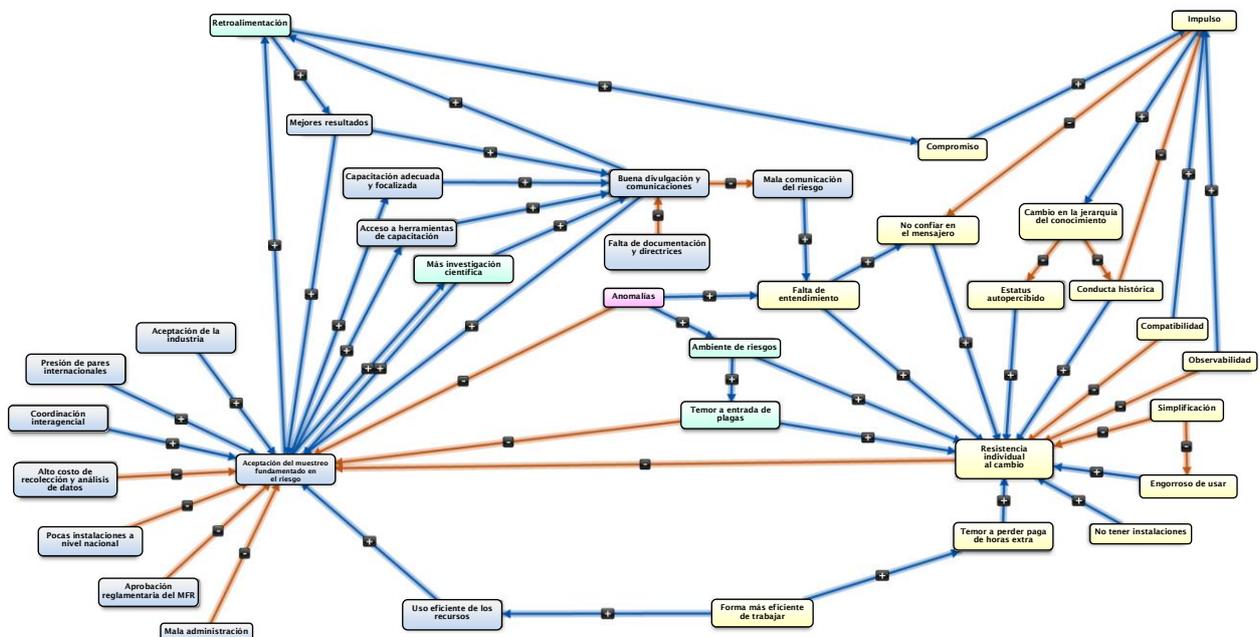
En resumen, interpretamos que estos resultados confirman que la adopción del MFR (en la opinión colectiva de los asistentes al Simposio) probablemente dependa de un proceso activo de comunicación de sus ventajas, al mismo tiempo que se cambia la cultura existente dentro de las poblaciones meta. Crucialmente, este no es el tipo de cosa que se puede lograr con solo llenar un vacío de conocimientos. Se necesita participar activamente con las poblaciones que lo adopten.

Figura 4: Resultados de la primera simulación utilizando la segunda versión del MCD de la adopción del MFR. Todos los nodos, excepto 'Aceptación del MFR' están activados en el vector de estados iniciales (columna azul) y se le permite al sistema cambiar libremente según las interacciones captadas en el modelo. Los nodos que están regulados al alza en un ciclo específico se muestran en verde y los nodos que están regulados a la baja se muestran en rojo. Los nodos que están desactivados se muestran en gris.

		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
Aceptación del MFR	0	0	-1	0	1	1	1	1	1	1	1
Resistencia individual al cambio	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Falta de entendimiento	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Capacitación adecuada y focalizada	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temor a perder paga por horas extra	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Engorroso de usar	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mala comunicación del riesgo	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
No tener instalaciones	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conducta histórica	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Cambio en jerarquía de conocimientos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Compatibilidad	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estatus autopercebido	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Alto costo de recolección y análisis de datos	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temor a entrada de plagas	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
No confiar en el mensajero	1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Falta de documentación/directrices	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mejores resultados	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Forma más eficiente de trabajar	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retroalimentación	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Compromiso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Presión de pares internacionales	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Más investigación científica	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pocas instalaciones a nivel nacional	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aceptación de la industria	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mala administración	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acceso a herramientas de capacitación	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Buena divulgación y comunicaciones	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aprobación reglamentaria del MFR	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anomalías	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Impulso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ambiente de riesgos	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coordinación interagencial	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simplificación	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uso eficiente de los recursos	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Observabilidad	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En un intento adicional de refinar el modelo, se creó una tercera versión del MCD que incorporara los determinantes desde el lado institucional hasta el lado individual, tal como se muestra en la **Error! Not a valid bookmark self-reference..**

Figura 5: Tercera versión del mapa cognitivo difuso de la aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo. Los arcos anaranjados representan interacciones negativas y los arcos azules representan interacciones positivas. Los conceptos que operan en las percepciones/comportamientos individuales se presentan con nodos amarillos; a nivel institucional con nodos azules; y en ambos con nodos verdes. El nodo rosado se identificó como una propiedad emergente.



Esta tercera versión del modelo tenía los mismos 35 nodos de la segunda versión; pero el número total de arcos se incrementó de 52 a 55 y los arcos se reconfiguraron para favorecer más conexiones, lo que resultó en una densidad levemente mayor (0.046) y un mayor número de conexiones por componente (1.571) que en la segunda versión. El número de componentes ordinarios (interacciones determinantes y receptoras) se incrementó de 17 a 21; y en consecuencia el número de componentes determinantes se redujo de 17 a 14. El nodo central '**Aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo**' se transformó dejando de ser un componente receptor para convertirse en uno ordinario.

Se realizaron simulaciones nuevamente para poner a prueba si esta tercera versión del modelo predecía una activación de la **Aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo** si el resto de los nodos estaban inicialmente activos. Un objetivo adicional consistió en identificar qué otros nodos estarían constantemente regulados al alza o a la baja, una vez que se regulara irreversiblemente al alza el MFR. Los resultados de esta simulación, mostrados en la [figura 6](#), fueron muy similares a los que aparecen en la [figura 4](#). '**Aceptación del MFR**' estuvo regulado al alza del ciclo 4 en adelante, junto con '**Cambio en la jerarquía de conocimientos**', '**Mejores resultados**', '**Retroalimentación**', '**Compromiso**', '**Buena divulgación y comunicaciones**' e '**Impulso**'. Como dato interesante, tres nodos más siguieron el mismo patrón: '**Capacitación adecuada y focalizada**', '**Más investigación científica**' y '**Acceso a herramientas de capacitación**', lo que destaca la importancia de estos conceptos para aceptar el MFR. Igual que en la [figura 4](#), '**Resistencia individual al cambio**', '**Falta de entendimiento**', '**Mala comunicación del riesgo**', '**Conducta histórica**', '**Estatus autopercebido**' y '**No confiar en el mensajero**' estuvieron constantemente regulados a la baja, una vez que el sistema alcanzó un patrón repetitivo. Sin embargo, a diferencia de la [figura 4](#), esto no ocurrió sino hasta el ciclo 9. Una interpretación plausible de esta demora es que podría tomar más tiempo regular a la baja algunos de los obstáculos a la adopción del muestreo fundamentado en el riesgo que el que se estimó en la segunda versión del modelo. Una cantidad significativa de nodos quedaron de nuevo desactivados después del ciclo 1. Algunos de estos nodos inactivos, entre ellos '**No tener instalaciones**', '**Alto costo de recolección y análisis de datos**' y '**Falta de documentación y directrices**', podrían ser objetivos útiles de intervención para favorecer la aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo.

Figura 6: Resultados de la primera simulación utilizando la tercera versión del MCD de la adopción del MFR. Todos los nodos, excepto el de 'Aceptación del MFR', están activados en el vector de estados iniciales (columna azul) y se le permite al sistema cambiar libremente según las interacciones captadas en el modelo. Los nodos que están regulados al alza en un ciclo específico se muestran en verde y los nodos que están regulados a la baja se muestran en rojo. Los nodos que están desactivados se muestran en gris.

		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
Aceptación del MFR	0	0	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1
Resistencia individual al cambio	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1
Falta de entendimiento	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1
Capacitación adecuada y focalizada	1	0	0	-1	-1	1	1	1	1	1	1
Temor a perder paga por horas extra	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Engorroso de usar	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mala comunicación del riesgo	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1
No tener instalaciones	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conducta histórica	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Cambio en jerarquía de conocimientos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Compatibilidad	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estatus autopercebido	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Alto costo de recolección y análisis de datos	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temor a entrada de plagas	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
No confiar en el mensajero	1	0	0	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
Falta de documentación/directrices	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mejores resultados	1	1	1	1	-1	0	1	1	1	1	1
Forma más eficiente de trabajar	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retroalimentación	1	1	1	-1	0	1	1	1	1	1	1
Compromiso	1	1	1	1	-1	0	1	1	1	1	1
Presión de pares internacionales	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Más investigación científica	1	0	0	-1	-1	1	1	1	1	1	1
Pocas instalaciones a nivel nacional	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aceptación de la industria	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mala administración	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acceso a herramientas de capacitación	1	0	0	-1	-1	1	1	1	1	1	1
Buena divulgación y comunicaciones	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1
Aprobación reglamentaria del MFR	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anomalías	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Impulso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ambiente de riesgos	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coordinación interagencial	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simplificación	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uso eficiente de los recursos	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Observabilidad	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Se realizaron simulaciones adicionales con la tercera versión del modelo para poner a prueba la influencia que tendría la inactivación o desactivación inicial de ciertos nodos en la dinámica del sistema. Por ejemplo, si no se suponía que el MFR produjera mejores resultados desde el inicio (es decir, '**Mejores resultados**' no está activado en el vector de estados iniciales), la dinámica del sistema cambia completamente. Como lo muestra la [figura 7](#), '**Aceptación del muestreo fundamentado en riesgo**' y otros nodos 'favorables' que estaban regulados al alza en el ciclo 10 de la [Se realizaron](#) simulaciones nuevamente para poner a prueba si esta tercera versión del modelo predecía una activación de la **Aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo** si el resto de los nodos estaban inicialmente activos. Un objetivo adicional consistió en identificar qué otros nodos estarían constantemente regulados al alza o a la baja, una vez que se regulara irreversiblemente al alza el MFR. Los resultados de esta simulación, mostrados en la [figura 6](#), fueron muy similares a los que aparecen en la [figura 4](#). '**Aceptación del MFR**' estuvo regulado al alza del ciclo 4 en adelante, junto con '**Cambio en la jerarquía de conocimientos**', '**Mejores resultados**', '**Retroalimentación**', '**Compromiso**', '**Buena divulgación y comunicaciones**' e '**Impulso**'. Como dato interesante, tres nodos más siguieron el mismo patrón: '**Capacitación adecuada y focalizada**', '**Más investigación científica**' y '**Acceso a herramientas de capacitación**', lo que destaca la importancia de estos conceptos para aceptar el MFR. Igual que en la [figura 4](#), '**Resistencia individual al cambio**', '**Falta de entendimiento**', '**Mala comunicación del riesgo**', '**Conducta histórica**', '**Estatus autopercebido**' y '**No**

confiar en el mensajero’ estuvieron constantemente regulados a la baja, una vez que el sistema alcanzó un patrón repetitivo. Sin embargo, a diferencia de la [figura 4](#), esto no ocurrió sino hasta el ciclo 9. Una interpretación plausible de esta demora es que podría tomar más tiempo regular a la baja algunos de los obstáculos a la adopción del muestreo fundamentado en el riesgo que el que se estimó en la segunda versión del modelo. Una cantidad significativa de nodos quedaron de nuevo desactivados después del ciclo 1. Algunos de estos nodos inactivos, entre ellos **‘No tener instalaciones’, ‘Alto costo de recolección y análisis de datos’ y ‘Falta de documentación y directrices’**, podrían ser objetivos útiles de intervención para favorecer la aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo.

se encuentran regulados a la baja en la [figura 7](#) y los nodos **‘desfavorables’** que estaban regulados a la baja en la [fSe realizaron](#) simulaciones nuevamente para poner a prueba si esta tercera versión del modelo predecía una activación de la **Aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo** si el resto de los nodos estaban inicialmente activos. Un objetivo adicional consistió en identificar qué otros nodos estarían constantemente regulados al alza o a la baja, una vez que se regulara irreversiblemente al alza el MFR. Los resultados de esta simulación, mostrados en la [figura 6](#), fueron muy similares a los que aparecen en la [figura 4](#). **‘Aceptación del MFR’** estuvo regulado al alza del ciclo 4 en adelante, junto con **‘Cambio en la jerarquía de conocimientos’, ‘Mejores resultados’, ‘Retroalimentación’, ‘Compromiso’, ‘Buena divulgación y comunicaciones’ e ‘Impulso’**. Como dato interesante, tres nodos más siguieron el mismo patrón: **‘Capacitación adecuada y focalizada’, ‘Más investigación científica’ y ‘Acceso a herramientas de capacitación’**, lo que destaca la importancia de estos conceptos para aceptar el MFR. Igual que en la [figura 4](#), **‘Resistencia individual al cambio’, ‘Falta de entendimiento’, ‘Mala comunicación del riesgo’, ‘Conducta histórica’, ‘Estatus autopercibido’ y ‘No confiar en el mensajero’** estuvieron constantemente regulados a la baja, una vez que el sistema alcanzó un patrón repetitivo. Sin embargo, a diferencia de la [figura 4](#), esto no ocurrió sino hasta el ciclo 9. Una interpretación plausible de esta demora es que podría tomar más tiempo regular a la baja algunos de los obstáculos a la adopción del muestreo fundamentado en el riesgo que el que se estimó en la segunda versión del modelo. Una cantidad significativa de nodos quedaron de nuevo desactivados después del ciclo 1. Algunos de estos nodos inactivos, entre ellos **‘No tener instalaciones’, ‘Alto costo de recolección y análisis de datos’ y ‘Falta de documentación y directrices’**, podrían ser objetivos útiles de intervención para favorecer la aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo.

están regulados al alza en la [figura 7](#). Esto destaca la importancia de comunicar temprana y eficazmente las ventajas del MFR y podría llevar a discutir cómo se miden los resultados y qué criterios se utilizan para evaluar si los resultados son **‘mejores’** o **‘peores’**.

Figura 7: Resultados de la segunda simulación utilizando la tercera versión del MCD de la adopción del MFR. Todos los nodos, excepto el de **‘Aceptación del MFR’** y **‘Mejores resultados’** están activados en el vector de estados iniciales (columna azul) y se le permite al sistema cambiar libremente según las interacciones captadas en el modelo. Los nodos que están regulados al alza en un ciclo específico se muestran en verde y los nodos que están regulados a la baja se muestran en rojo. Los nodos que están desactivados se muestran en gris.

		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
Aceptación del MFR	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Resistencia individual al cambio	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1
Falta de entendimiento	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1
Capacitación adecuada y focalizada	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Temor a perder paga por horas extra	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Engorroso de usar	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mala comunicación del riesgo	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1
No tener instalaciones	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conducta histórica	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1
Cambio en jerarquía de conocimientos	1	1	1	1	1	1	0	-1	-1	-1	-1
Compatibilidad	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estatus autopercibido	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1
Alto costo de recolección y análisis de datos	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temor a entrada de pagas	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
No confiar en el mensajero	1	0	0	-1	-1	-1	1	1	1	1	1
Falta de documentación/directrices	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mejores resultados	0	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Forma más eficiente de trabajar	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retroalimentación	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Compromiso	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Durante las discusiones, se hizo hincapié en el establecimiento de un bucle de retroalimentación desde la práctica del muestreo fundamentado en el riesgo en las fronteras hasta las autoridades de reglamentación como uno de los elementos clave para la aceptación y el éxito del MFR. Por lo tanto, simulamos un escenario en el que el nodo de **'Retroalimentación'** estaba inicialmente inactivo, para probar la influencia que tendría en la aceptación del MFR. Los resultados de la simulación se muestran en la [figura 8](#). Según nuestro modelo, si no se brinda retroalimentación desde el inicio del programa (es decir, el vector de estados iniciales), el sistema fluctúa entre la regulación al alza y a la baja de la aceptación del MFR, aunque al final llega a un patrón repetitivo en el ciclo 21. A partir de este ciclo, el MFR está regulado a la baja junto con otros nodos 'favorables'. Por consiguiente, el establecimiento del bucle de retroalimentación parece ser crucial para la adopción a largo plazo del MFR, según el modelo.

El MFR también está regulado irreversiblemente a la baja en el ciclo 8, si el nodo de **'Buena divulgación y comunicaciones'** no está inicialmente activo (los resultados no se muestran).

Las simulaciones adicionales mostraron que si se entendiera desde el principio el muestro fundamentado en el riesgo (**'Falta de entendimiento'** está inicialmente inactivo), la aceptación del MFR siempre estaría regulada al alza a partir del ciclo 4, como si todos los nodos estuvieran inicialmente activos (mostrados en la [figura 6](#)).

Figura 8: Resultados de la tercera simulación utilizando la tercera versión del MCD de la adopción del MFR. Todos los nodos, excepto los de 'Aceptación del MFR' y 'Retroalimentación', están activados en el vector de estados iniciales (columna azul) y se le permite al sistema cambiar libremente según las interacciones captadas en el modelo. Los nodos que están regulados al alza en un ciclo específico se muestran en verde y los nodos que están regulados a la baja se muestran en rojo. Los nodos que están desactivados se muestran en gris.

	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10	Ciclo 11	Ciclo 12	Ciclo 13	Ciclo 14	Ciclo 15	Ciclo 16	Ciclo 17	Ciclo 18	Ciclo 19	Ciclo 20	Ciclo 21	Ciclo 22
Aceptación del MFR	0	0	-1	-1	1	-1	0	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Resistencia individual al cambio	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1
Falta de entendimiento	1	1	-1	-1	0	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1
Capacitación adecuada y focalizada	1	0	0	-1	-1	1	-1	0	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Temor a perder paga por horas extra	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Engorroso de usar	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mala comunicación del riesgo	1	-1	-1	0	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	1
No tener instalaciones	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conducta histórica	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1
Cambio en jerarquía de conocimientos	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1
Compatibilidad	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estatus autopercibido	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	1
Alto costo de recolección y análisis de datos	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temor a entrada de plagas	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
No confiar en el mensajero	1	0	0	-1	-1	-1	1	1	1	0	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Falta de documentación/directrices	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mejores resultados	1	0	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1
Forma más eficiente de trabajar	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retroalimentación	0	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1
Compromiso	1	0	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1
Presión de pares internacionales	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Más investigación científica	1	0	0	-1	-1	1	-1	0	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Pocas instalaciones a nivel nacional	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aceptación de la industria	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mala administración	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acceso a herramientas de capacitación	1	0	0	-1	-1	1	-1	0	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Buena divulgación y comunicaciones	1	1	0	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Aprobación regulatoria del MFR	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anomalías	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Impulso	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1
Ambiente de riesgos	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coordinación interagencial	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simplificación	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uso eficiente de los recursos	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Observabilidad	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Finalmente, condujimos ‘**experimentos de presión**’, en los cuales los nodos del vector que se multiplica por la matriz de MCD se mantienen artificialmente en un estado activo o inactivo, en vez de permitirles cambiar de estado libremente según la dinámica inherente del sistema. Como primera aproximación, estos experimentos de presión se focalizaron en los nodos que se volvían inactivos después de un ciclo en la [figura 6](#) y realizamos pruebas para ver si su activación permanente cambiaba la dinámica representada en la [figura 6](#).

Por ejemplo, si se obligara al nodo de ‘**Alto costo de recolección y análisis de datos**’ a estar permanentemente activado ([figura 9](#)), el nodo de ‘**Aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo**’ no estaría permanentemente regulado al alza sino hasta el ciclo 18, lo que representa una demora significativa con respecto a la [figura 6](#) (en donde esto ocurrió en el ciclo 4). Por consiguiente, la simulación sugiere que sería importante reducir los costos asociados con la implementación del MFR lo más pronto posible para fomentar una aceptación temprana.

Figura 9: Resultados del experimento de presión usando la tercera versión del MCD de la adopción del MFR. Todos los nodos excepto el de ‘Aceptación del MFR’ están activados en el vector de estados iniciales (columna azul) y el nodo de ‘Alto costo de recolección y análisis de datos’ se mantiene en un estado activo. Los nodos que están regulados al alza en un ciclo específico se muestran en verde y los nodos que están regulados a la baja se muestran en rojo. Los nodos que están desactivados se muestran en gris.

	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10	Ciclo 11	Ciclo 12	Ciclo 13	Ciclo 14	Ciclo 15	Ciclo 16	Ciclo 17	Ciclo 18	Ciclo 19	Ciclo 20	Ciclo 21	Ciclo 22	Ciclo 23	Ciclo 24	Ciclo 25
Aceptación del MFR	0	0	-1	-1	1	-1	1	1	-1	0	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1
Resistencia individual al cambio	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	0	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1
Falta de entendimiento	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1
Capacitación adecuada y focalizada	1	0	0	-1	-1	1	1	1	1	-1	0	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	1
Temor a perder paga por horas extra	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Engoroso de usar	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mala comunicación del riesgo	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1
No tener instalaciones	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conducta histórica	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1
Cambio en jerarquía de conocimientos	1	1	1	1	1	1	0	1	1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1
Compatibilidad	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estatus autopercibido	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1
Alto costo de recolección y análisis de datos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Temor a entrada de plagas	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
No confiar en el mensajero	1	0	0	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Falta de documentación/directrices	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Méjores resultados	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	1
Forma más eficiente de trabajar	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retroalimentación	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1
Compromiso	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	1
Presión de pares internacionales	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Más investigación científica	1	0	0	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	1
Pocas instalaciones a nivel nacional	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aceptación de la industria	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mala administración	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acceso a herramientas de capacitación	1	0	0	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	1
Buena divulgación y comunicaciones	1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	1
Aprobación regulatoria del MFR	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anomalías	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Impulso	1	1	1	1	1	0	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1
Ambiente de riesgos	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coordinación intergeneracional	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simplificación	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uso eficiente de los recursos	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Observabilidad	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Además, si se demostrara desde el inicio que el MFR es definitivamente una ‘Forma más eficiente de trabajar’ (es decir, si ese nodo se mantiene constantemente activo), el experimento de presión (figura 10) muestra que esto impulsaría la activación del nodo ‘Uso eficiente de recursos’. Sin embargo, también activaría el nodo de ‘Temor a perder paga por horas extras’, lo que sería un resultado indeseable, incluso si el experimento sugiere que este nodo no impediría la aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo.

Figura 10: Resultados de un experimento de presión utilizando la tercera versión del MCD de la adopción del MFR. Todos los nodos, excepto el de 'Aceptación del MFR' están activados en el vector de estados iniciales (columna azul) y el nodo de 'Forma más eficiente de trabajar' se mantiene en el estado activo. Los nodos que están regulados al alza en un ciclo específico se muestran en verde y los nodos que están regulados a la baja se muestran en rojo. Los nodos que están desactivados se muestran en gris.

		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Ciclo 6	Ciclo 7	Ciclo 8	Ciclo 9	Ciclo 10
Aceptación del MFR	0	0	-1	0	1	1	1	1	1	1	1
Resistencia individual al cambio	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1
Falta de entendimiento	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1
Capacitación adecuada y focalizada	1	0	0	-1	0	1	1	1	1	1	1
Temor a perder paga por horas extra	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Engorroso de usar	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mala comunicación del riesgo	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1
No tener instalaciones	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conducta histórica	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Cambio en jerarquía de conocimientos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Compatibilidad	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estatus autopercebido	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Alto costo de recolección y análisis de datos	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temor a entrada de plagas	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
No confiar en el mensajero	1	0	0	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	-1
Falta de documentación/directrices	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mejores resultados	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1
Forma más eficiente de trabajar	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Retroalimentación	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1
Compromiso	1	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	1
Presión de pares internacionales	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Más investigación científica	1	0	0	-1	0	1	1	1	1	1	1
Pocas instalaciones a nivel nacional	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aceptación de la industria	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mala administración	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acceso a herramientas de capacitación	1	0	0	-1	0	1	1	1	1	1	1
Buena divulgación y comunicaciones	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1
Aprobación reglamentaria del MFR	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anomalías	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Impulso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ambiente de riesgos	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coordinación interagencial	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Simplificación	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uso eficiente de los recursos		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Observabilidad	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Conclusiones

El principal objetivo de esta actividad fue darle al público del Simposio Internacional de Muestreo Fundamentado en el Riesgo la oportunidad de expresar sus inquietudes y motivaciones sobre la adopción del muestreo fundamentado en el riesgo y mostrar cómo se podría usar el mapeo cognitivo difuso como primer enfoque para analizar el efecto que este nuevo protocolo podría tener en las inspecciones fronterizas. Nos parece que este objetivo fue claramente alcanzado y los participantes y autoridades reguladoras recibirán los modelos derivados de la sesión para que les sirvan de referencia.

Además, usamos el modelo original y dos versiones refinadas para conducir varias simulaciones destinadas a analizar el efecto que tendrían los diferentes nodos en la aceptación del muestreo fundamentado en el riesgo. En general, parece que el muestreo fundamentado en el riesgo sería finalmente adoptado en la mayoría de los escenarios; pero varios nodos que se sugirieron durante la sesión podrían ser objetivos importantes de intervención, a fin de lograr una adopción temprana del MFR. Si hay interés en refinar los modelos aún más o en simulaciones adicionales, se brindarán a solicitud los archivos de los modelos y las hojas de cálculo.

Referencias

- Kafetzis, A., N. McRoberts and I. Mouratiadou (2010). Using Fuzzy Cognitive Maps to Support the Analysis of Stakeholders' Views of Water Resource Use and Water Quality Policy. *Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications*. M. Glykas. Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg: 383-402.
- Ortolani, L., N. McRoberts, N. Dendoncker and M. Rounsevell (2010). Analysis of Farmers' Concepts of Environmental Management Measures: An Application of Cognitive Maps and Cluster Analysis in Pursuit of Modelling Agents' Behaviour. *Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications*. M. Glykas. Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg: 363-381.

Apéndice 1
Glosario de siglas

Sigla	Explicación
Acuerdo MSF	<i>Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la Organización Mundial del Comercio</i>
AFC de la OMC	<i>Acuerdo sobre Facilitación del Comercio de la OMC</i>
AIMS	<i>Australian Import Management System</i> (Sistema de Gestión de Importaciones de Australia)
APPPC	<i>Asian Pacific Plant Protection Commission</i> (Comisión de Protección Fitosanitaria de Asia y el Pacífico)
AQIM	<i>Agriculture Quarantine Inspection Monitoring</i> (programa de Monitoreo de Inspecciones de Cuarentena Agrícola) (EE.UU.)
AQSIQ-CIQ	<i>General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine</i> (Administración General de Supervisión de Calidad, Inspección y Cuarentena, Inspección y Calidad de China) (China)
ASTA	<i>American Seed Trade Association</i> (Asociación Estadounidense de Comercio de Semillas)
CC	<i>Control de calidad</i>
CFIA	<i>Canadian Food Inspection Agency</i> (Agencia Canadiense de Inspección de Alimentos)
CHC	<i>Canadian Horticultural Council</i> (Consejo Hortícola Canadiense)
CIPF	<i>Convención Internacional de Protección Fitosanitaria</i>
CSCP	<i>Canadian Seed Certification Program</i> (Programa Canadiense de Certificación de Semillas)
CSTA	<i>Canadian Seed Trade Association</i> (Asociación Canadiense de Comercio de Semillas)
DAWR	<i>Australian Department of Agriculture and Water Resources</i> (Departamento de Agricultura y Recursos Hídricos de Australia)
EIP	<i>Estaciones de inspección de plantas</i> (EE.UU.)
ISF	<i>International Seed Federation</i> (Federación Internacional de Semillas)
ISTA	<i>International Seed Technology Association</i> (Asociación Internacional de

	Tecnología de Semillas)
LMP	<i>Límite máximo de plagas</i>
MCD	<i>Mapa cognitivo difuso</i>
MOA	<i>Ministerio de Agricultura (China)</i>
MP	<i>Material propagativo</i>
NARP	<i>National Agriculture Release Program (Programa Nacional de Liberación de Productos Agrícolas) (EE.UU.)</i>
NIMF	<i>Norma internacional para medidas fitosanitarias</i>
NSF	<i>National Science Foundation</i>
OISA	<i>Oficinas de Inspección de Sanidad Agropecuaria (México)</i>
ONPF	<i>Organización nacional de protección fitosanitaria</i>
SD	<i>Sensibilidad de detección</i>
SESYNC	<i>National Socio-Environmental Synthesis Center</i>
SFA	<i>State Forestry Administration (Administración Forestal Estatal) (China)</i>
USDA	<i>United States Department of Agriculture (Departamento de Agricultura de EE.UU.)</i>
USDA –APHIS- PPQ	<i>USDA - Animal Plant Health Inspection Service - Plant Protection and Quarantine (Protección y Cuarentena Vegetal del Servicio de Inspección de Sanidad Animal y Vegetal, Departamento de Agricultura de Estados Unidos)</i>
VHT	<i>Vapor heat treatment (tratamiento térmico con vapor)</i>

Apéndice 2

Glosario de términos

Término	Definición
Análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP)	<i>Un sistema de gestión en el que se aborda la inocuidad de los alimentos mediante el análisis y el control de peligros biológicos, químicos y físicos encontrados desde la producción, adquisición y manipulación de materias primas hasta la fabricación, distribución y consumo del producto terminado.</i>
Códigos de disposición	<i>Códigos que describen los resultados de inspecciones y las posteriores medidas cuarentenarias.</i>
Eficiencia de inspección (o tasa de detección de plagas)	<i>Probabilidad de descubrir una plaga o plagas que se encuentren presentes en un producto.</i>
Enfoque de muestreo basado en el riesgo (EMBR)	<i>Un enfoque a las inspecciones que prescribe frecuencias de muestreo según el historial de cumplimiento, el origen y el uso destinado del producto.</i>
Envío entremezclado	<i>Envío compuesto de una mezcla de taxones, tanto dentro de las unidades de muestra como en todo el envío.</i>
Envío mezclado	<i>Envío compuesto de múltiples taxones, con el mismo taxón dentro de las unidades de muestra.</i>
Envío uniforme	<i>Envío compuesto de un solo taxón.</i>
Inspección basada en el riesgo (IBR)	<i>Un enfoque específico a las inspecciones que concentra el esfuerzo de inspección en las fuentes de importaciones que tienen historiales problemáticos de inspección.</i>
Muestreo basado en el riesgo (MBR)	<i>Enfoque a las inspecciones que prescribe frecuencias de muestreo basadas en la relación entre las detecciones de plagas que ameritan medidas fitosanitarias y variables específicas de inspección (p. ej., tipo de producto, origen, consignatario, etc.).</i>
Muestreo continuo	<i>Un enfoque utilizado en los planes de muestreo de aceptación en donde los datos se producen de manera continua.</i>
Muestreo de tasa fija	<i>Inspección basada en muestrear consistentemente la misma proporción de envíos (p. ej., el 2% de todo envío, independientemente de su tamaño o riesgo).</i>
Muestreo intermitente o de lotes salteados	<i>Diseños de inspección que permiten liberar envíos sin inspección.</i>

Muestreo lote por lote	<i>Enfoque utilizado en los planes de muestreo de aceptación en el que los datos llegan en tandas.</i>
Plan basado en clasificaciones	<i>Un tipo de plan de MBR que emplea datos con el fin de calcular tasas para productos reglamentados y asigna clasificaciones con base en umbrales determinados, con miras a separar los bienes en categorías de alto y bajo riesgo (al menos) para someterlos a un muestreo diferencial.</i>
Plan de muestreo de aceptación	<i>Un tipo de plan de MBR en el que los resultados acumulados de las inspecciones de lotes determinan dinámicamente el estatus de las inspecciones (p. ej., reducidas o normales).</i>
Régimen de inspección basado en el cumplimiento (CBIS)	<i>Programa australiano para productos vegetales importados que recompensa a los importadores que han demostrado un cumplimiento consistente con los requisitos de bioseguridad de Australia.</i>
Rendimiento del riesgo	<i>Grado hasta el cual las medidas fitosanitarias maximizan la probabilidad de detectar y manejar los riesgos de bioseguridad y reducir el riesgo de incursión de plagas.</i>
Tasa de acción (o tasa de incumplimiento)	<i>Número de acciones fitosanitarias tomadas para un volumen particular en una vía específica. La vía podría ser un producto, una ubicación o un tipo de movimiento (p. ej., cebollas, el puerto X o vía marítima, respectivamente). Cuando se usan las detecciones de plagas para representar el riesgo de plagas, solo se cuentan con base en el riesgo las plagas que requieren de acciones fitosanitarias. Las medidas tomadas por otras razones de incumplimiento (no necesariamente relacionadas con plagas) se incluyen según el cumplimiento.</i>
Tasa de acción sobre plagas	<i>Número de acciones cuarentenarias llevadas a cabo en un producto dividido entre el número total de inspecciones realizadas en ese producto.</i>
Tasa de fugas (también llamada pérdidas)	<i>Número estimado de plagas no detectadas que ameritaban medidas fitosanitarias en un volumen específico. De manera alternativa, el número estimado de envíos en un volumen específico que están infestados con plagas que ameritaban medidas fitosanitarias, pero que se liberaron sin tomar medidas.</i>
Tasa de infestación	<i>Estimado del número total de unidades con plagas que ameritan medidas fitosanitarias en un volumen específico (por lo general, un envío) con base en los resultados del muestreo.</i>
Tasa de riesgo relativo	<i>Número de veces que se encuentra una plaga (o grupo/tipo de plaga) específica asociada con un volumen particular en una vía especificada.</i>
Unidad de inspección (también llamada unidad de muestra)	<i>La unidad de un envío designada para fines de muestreo e inspección (p. ej., una planta, una caja, una bandeja).</i>

