

Guerra biológica

Patricio C. Parodi P.
Departamento de Ciencias Vegetales
pcparodi@puc.cl

Las armas biológicas existen al menos desde los tiempos del Imperio Romano, cuando era práctica común lanzar animales muertos a las fuentes de agua del enemigo, para envenenarlas. En 1346, dicen las crónicas, los tártaros que sitiaban la ciudad amurallada de Kaffa usaron catapultas para lanzar a sus habitantes cadáveres infestados con peste. Kaffa se rindió de inmediato, lo que no liberó a sus ciudadanos de la muerte. Algunos historiadores creen que así se introdujo la peste bubónica a Europa. A Napoleón también lo acusan de haber dispersado plagas contra los ejércitos enemigos. Las armas biológicas fueron probadas en gran escala durante las guerras mundiales del siglo pasado. Los alemanes, responsables de usar gas mostaza en la guerra de trincheras, fueron acusados en 1917 de haber intentado extender el cólera en Italia y de lanzar bombas biológicas sobre Londres (las que no funcionaron).

En la Segunda Guerra Mundial los japoneses crearon el campo de concentración 731 en Manchuria, donde científicos encabezados por Shiro Shii experimentaron con 20 enfermedades infecciosas. Más de 9.000 prisioneros habrían muerto contagiados con botulismo, encefalitis, tífus y viruela. Shii experimentó además lanzando granos infectados sobre las aldeas vecinas, para que se alimentaran las ratas y así extendieran la enfermedad a los humanos; decenas de miles de civiles y soldados chinos

murieron como resultado de estos experimentos. Por esa misma época los británicos experimentaban con ántrax en la isla escocesa de Gruinard, la que permaneció clausurada hasta 1987 cuando el gobierno inglés ordenó descontaminarla.

En 1979, cuando la Unión Soviética aseguraba que había cancelado sus programas de armas biológicas, ocurrió un accidente con ántrax en el centro biológico militar de Sverdlovsk, donde se infectaron 79 personas de las cuales 68 murieron; el gobierno aseguró que el contagio se había producido mediante carne contaminada. En 1990 Boris Yeltsin reconoció que se trató de un derrame de menos de un miligramo de esporas.

En 1995, la secta japonesa Verdad Suprema que lanzó gas serin en el metro de Tokio, también usó ántrax, sin conseguir causar infecciones. Posteriormente se supo que el grupo había intentado en al menos otras 10 ocasiones anteriores dispersar botulismo, fiebre Q y ébola.

La liberación intencional de organismos que pueden destruir los cultivos alimenticios del enemigo, constituye otra devastadora arma de guerra, y un poderoso instrumento terrorista. El horror de las armas biológicas, no obstante, se pre-

senta usualmente en términos de exposición intencional de poblaciones de seres humanos a enfermedades mortales, tales como ántrax. Algunos criminales internacionales han producido agentes causantes de enfermedades para usarlos con propósitos terroristas. Sus esfuerzos han sido profusamente publicitados, de tal forma que la población del mundo ha tomado conciencia del peligro que significa una enfermedad humana mortal causada intencionalmente.

En el año 2001, la introducción internacional de ántrax presuntamente por parte del grupo terrorista Al Qaeda de Osama Bin Laden produjo espanto mundial. Se produjeron 16 casos de contagio, 6 cutáneos y 10 por

inhalación; tres fueron fatales. No se identificó a los culpables.

La información reciente que el gobierno de Irak ha desarrollado armas biológicas de destrucción masiva ha causado consternación en parte del mundo civilizado, e incluso una guerra de proyecciones desconocidas.

Las consecuencias de estas acciones criminales y terroristas se han expresado en la

pérdida de vidas humanas, y además, en una sensación mundial de inseguridad. La amenaza de una guerra de dimensiones impredecibles, afecta no

En 1346, dicen las crónicas, los tártaros que sitiaban la ciudad amurallada de Kaffa usaron catapultas para lanzar a sus habitantes cadáveres infestados con peste. Kaffa se rindió de inmediato, lo que no liberó a sus ciudadanos de la muerte. Algunos historiadores creen que así se introdujo la peste bubónica a Europa

sólo la seguridad psicológica de las personas, sino también su patrimonio y expectativas de desarrollo.

Sin embargo, un tipo menos obvio de arma biológica, que tiene una gran capacidad destructiva, recibe muy poca atención. Se trata de armas biológicas que matan cultivos en vez de seres humanos. Muchas de estas armas fueron desarrolladas por las potencias mundiales durante la llamada Guerra Fría. Aunque no se utilizaron, es un hecho que el trigo de los Estados Unidos fue siempre objetivo de la Unión Soviética, mientras que el trigo de la Unión Soviética estuvo permanentemente en la mira de los Estados Unidos.

Intentos de detener la guerra biológica

El 25 de Noviembre de 1969, Richard Nixon, entonces Presidente de los Estados Unidos de Norte América, hizo el siguiente anuncio: “Los Estados Unidos, unilateralmente, renunciarán al uso de agentes y armas biológicas letales, y a todo otro método de guerra biológica”. En 1989, testificando ante el Senado de los Estados Unidos, el profesor de la Universidad de Harvard, Dr. Matthew S. Meselson, biólogo molecular y experto en guerra biológica, manifestó: “Primero, estas armas pueden ser una amenaza tan grande como las armas nucleares. Segundo, pueden ser producidas en forma más simple y barata que las armas nucleares. Tercero, y lo más crucial, el programa de armas biológicas ofensivas de los Estados Unidos puede ser fácilmente duplicado por otras naciones. Este análisis nos llevó a la conclusión que nuestro programa de armas biológicas constituía una amenaza substancial a nuestra propia seguridad”.

Las palabras del Dr. Meselson adquieren especial significancia después de los atentados terroristas del 11 de Septiembre de 2001, de las denuncias del año 2002 del Presidente George W. Bush acerca de la existencia de armas biológicas en Irak, y de la guerra que se está produciendo en ese país.

El gobierno de los Estados Uni-

dos definía guerra biológica agrícola como: “El cultivo o producción deliberado de bacterias, hongos y/o virus fitopatológicos, y sus productos tóxicos, como también ciertos compuestos químicos, con el propósito de inducir enfermedades o muerte de plantas”.

La decisión unilateral de los Estados Unidos, pavimentó el camino para el Tratado Biológico y de Armas de Guerra (TBAG) de 1972, que requirió de los signatarios suspender su trabajo en armas biológicas y destruir sus existencias de tales armas. A pesar de que 141 países aceptaron estos términos, la preocupación acerca de los riesgos de una guerra biológica ha crecido substancialmente en los últimos meses. Las negociaciones del TBAG se han prolongado por 32 años, sin llegar a acuerdos definitivos. Como ejemplo de la dilación imperante, el 20 de Julio de 2001, una portavoz de la Casa Blanca manifestó que el gobierno de los Estados Unidos rechazaba el borrador preparado para la aplicación del TBAG de 1972, tal como está actualmente formulado, con la aprobación de los gobiernos europeos y asiáticos.

El protocolo en discusión contempla la realización de controles en fábricas, previo aviso de dos semanas, así como la posibilidad de inspecciones sorpresivas, que se anuncian sólo unos pocos días antes. Según el diario The Washington Post, del 20/07/2001, el gobierno de EUA considera que las regulaciones previstas en el TBAG no son suficientes para evitar violaciones por parte de otros países, como lo ha demostrado la Resolución N° 1441 del Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas que envió inspectores internacionales a Irak en busca de fábricas y depósitos de

armas nucleares, químicas y biológicas, y cuyo falta de resultados concretos causaron una guerra.

En todo caso, la principal preocupación de los gobiernos y los individuos se centra en

aquellas armas biológicas que causan directamente enfermedades y muerte en seres humanos, y se tiende a ignorar un arsenal igualmente temible, que por la vía de destruir la producción de alimentos, igualmente puede causar sufrimiento, enfermedades y muerte en las personas.

El fitopatólogo Sur Africano, Dr. J. E. Van der Plank, del Instituto de Investigación en Pro-

tección Vegetal de Pretoria, vio la importancia de las armas biológicas en la destrucción de cultivos en la década de los años 60: “Con frecuencia calificamos a las epidemias como explosivas”, escribió. “En tiempos de paz, el adjetivo es estéticamente descriptivo. En tiempo de guerra, puede ser dramáticamente real, en el sentido militar. Un enemigo tiene pocos explosivos que puedan superar a un patógeno que se multiplica a una tasa del 40% diario, y continúa desarrollándose por varios meses. Muchos tipos de esporas se dispersan tan fácilmente como el humo. Sólo tienen que dispersarse en el lugar adecuado en el momento apropiado. La naturaleza se preocupa de la explosión”.

Potencial de las armas biológicas

El fantasma del terrorismo dejó de ser causa de ansiedad intelectual. Ahora es una realidad a la que es necesario enfrentar, y como ya se describió, el tema no es nuevo. Antes de la Guerra del Golfo de 1991, se reveló que Irak tenía un activo programa de armas biológicas, el cual incluía armamento para destruir cultivos. El pro-

El gobierno de los Estados Unidos definía guerra biológica agrícola como: “El cultivo o producción deliberado de bacterias, hongos y/o virus fitopatológicos, y sus productos tóxicos, como también ciertos compuestos químicos, con el propósito de inducir enfermedades o muerte de plantas”

grama de armas biológicas de Irak se originó en 1970, y alcanzó su máximo desarrollo entre 1985 y 1991. El programa tenía dos aspectos: 1. Patógenos humanos, principalmente ántrax, y toxinas como botulismo y aflatoxina. 2. Patógenos vegetales, concentrado en una enfermedad vegetal denominada carbón del trigo (*Tilletia sp.*). Este hongo reemplaza los órganos florales de la planta de trigo con masas de esporas, las que pueden infectar otras plantas.

Los carbones del trigo son endémicos en numerosas regiones del mundo, y en caso de infecciones severas, pueden causar significativas reducciones de rendimiento. El carbón del trigo tiene una inusual característica adicional, muy útil en guerra: Produce un compuesto inflamable, gas trimetilamino, el que puede hacer explotar una cosechadora.

El primer objetivo de los esfuerzos de Irak era su vecino, Irán, país en el cual el trigo es el cultivo más importante. El programa de armas biológicas de Irak demostró la necesidad de darle alta importancia a esta forma de guerra. En las palabras del Dr. Matthew. S. Meselson: “Un país que no tiene el conocimiento tecnológico para producir bombas atómicas, puede fabricar armas que pueden desatar devastadoras hambrunas y severas pérdidas económicas”. Por otra parte, un país que dispone de armas nucleares, puede no atreverse a usarlas, pero le puede parecer menos condenable utilizar armas biológicas contra cultivos en vez de seres humanos, aunque su objetivo final sea matar por hambre a seres humanos.

Resistencia genética en especies vegetales

El objetivo de las armas biológicas destinadas a cultivos es dispersar organismos que causen enfermedades que conduzcan a reducciones de rendimiento o, simplemente, a matar a las plantas. Para ello es necesario identificar y multiplicar órganos de propagación de enfermedades destructivas, por ejemplo esporas, para las cuales el cultivo objetivo carezca de resistencia genética. Estas enfer-

medades, idealmente, deben ser dispersadas por aire y deben inocularse fácilmente en las plantas hospederos, causando rápidamente los síntomas propios de la enfermedad. Una definición simple de enfermedad es “cualquier trastorno que altera el estado fisiológico o morfológico de las plantas”. Se considera que las enfermedades las originan hongos, bacterias y virus.

Las distintas formas de las especies vegetales cultivadas, conocidas como variedades o cultivares, o en su forma más primitiva como *land races*, tienen genes que gobiernan su reacción a los organismos patógenos. Esos genes, les confieren respuestas dentro de un rango desde inmunidad hasta susceptibilidad. Parte importante de la actividad de fitomejoramiento consiste en identificar y transferir genes de resistencia a los nuevos cultivares, como una forma económica y ambientalmente amigable de lograr estabilizar o incrementar la productividad de esos cultivares frente a la población de patógenos que pueden atacarlos.

Para comprender el mecanismo de resistencia genética en especies vegetales, es necesario conocer dos fenómenos estrechamente interrelacionados: 1. Variabilidad en la capacidad fitopatológica de los organismos causantes de enfermedades. 2. Diferencias genéticas en el hospedero en su resistencia a un organismo patogénico.

Es necesario considerar que las relaciones entre hospedero y patógeno involucran a dos organismos vivos con sistemas genéticos propios y diferentes, de forma que si, por ejemplo, una planta susceptible a un determinado patógeno experimenta un cambio

genético que afectando a cierto carácter fisiológico o morfológico determina una variación en su susceptibilidad hacia resistencia. A su vez, este cambio puede inducir a que en la evolución del organismo patógeno aparezcan nuevas formas que superen los

El objetivo de las armas biológicas destinadas a cultivos es dispersar organismos que causen enfermedades que conduzcan a reducciones de rendimiento o, simplemente, a matar a las plantas. Para ello es necesario identificar y multiplicar órganos de propagación de enfermedades destructivas, por ejemplo esporas, para las cuales el cultivo objetivo carezca de resistencia genética

mecanismos de resistencia del huésped. Se establece entonces una competencia entre los sistemas genéticos de ambos organismos, que determinará si puede más la resistencia del huésped o la patogenicidad del organismo atacante.

Las especies de hongos están constituidas por un amplio espectro de variantes, llamados razas fisiológicas o biotipos, con genotipos diferentes, y de estabilidad similar a la de las plantas superiores y animales. El hecho que una determinada variedad de una especie vegetal sea resistente o susceptible a una raza fisiológica de un patógeno depende de su genotipo para resistencia y el genotipo para virulencia o avirulencia de la raza en cuestión del organismo fitopatológico.

En palabras de los fitopatólogos Stakman y Harrar, “la diversidad genética y la variabilidad fenotípica de muchos de los patógenos más destructivos es de tal magnitud, que crea problemas extremadamente complejos de control, y presenta interrogantes de cuanto más complejos estos se pueden transformar en el futuro. ¿Cuánta virulencia puede poner la naturaleza en los patógenos vegetales y cuanta resistencia puede el hombre poner en las plantas?”.

El fitomejoramiento para resistencia a enfermedades envuelve unos pocos y bien conocidos principios, y procedimientos de uso común, que pueden ser resumidos de la siguiente forma: 1. La resistencia a un determi-

nado patógeno no se crea. Para transferirla, se debe encontrar genes de resistencia en otra variedad de la misma especie, en una especie relacionada o, últimamente, en especies no relacionadas. 2. Luego que se identifiquen genes de resistencia, estos pueden ser transferidos mediante procedimientos normales de hibridación, o por algún método de ingeniería genética. 3. La mayoría de los organismos que inducen enfermedades están compuestos por numerosas formas biológicas especializadas, conocidas como biotipos o razas fisiológicas, las que difieren en su patogenicidad. La resistencia varietal es, en consecuencia, una expresión del genotipo del hospedero y del genotipo del parásito, condicionada por los factores predisponentes del ambiente.

Describir la forma de herencia de los factores que controlan la resistencia a enfermedades es una tarea de una magnitud que supera los objetivos de este artículo. Sin embargo, como ocurre con la mayoría de los otros caracteres, la forma de herencia puede ser simple o compleja. El número de factores difiere notoriamente en diversas interacciones patógeno hospedero; en muchos casos, lo más frecuente es uno o unos pocos pares de alelos, eventualmente asociados a genes modificadores menores. En consecuencia, la reacción patogénica involucra interacción de genes que condicionan resistencia en el hospedero con aquellos que condicionan patogenicidad en el parásito. Esto sugiere que sistemas génicos complementarios en el hospedero y en el parásito controlan la reacción a una determi-

nada enfermedad. La resistencia es además controlada por caracteres morfológicos y funcionales. Algunos de estos caracteres confieren resistencia contra la infección inicial, otros, resistencia a la proliferación del patógeno, y otros regulan tolerancia a la enfermedad. Es posible, en consecuencia, que la resistencia total pueda deberse en ciertas interacciones entre hospedero y patógeno, a numerosos factores con niveles variables de importancia relativa.

La teoría del Dr. H. H. Flor: gene por gene

El Dr. Flor realizó estudios sobre la genética del polvillo del lino, *Melampsora lini*, y la herencia de los factores de resistencia. Flor concluyó que por cada factor de virulencia en el patógeno había un gene correspondiente para susceptibilidad o resistencia en el hospedero, teoría que se conoce como “gene por gene”.

Esto implica una interacción entre los mecanismos genéticos del hospedero y el patógeno, cuyo equilibrio se expresa en resistencia y desequilibrio en susceptibilidad. La variabilidad genética de los patógenos se expresa en un flujo permanente de cambios en su constitución poblacional. La variabilidad genética de los hongos radica en su capacidad de mutación, recombinación y segregación. Los hongos, como los organismos superiores, se benefician para su evolución de los procesos de la sexualidad, tomada en su más amplio sentido de recombinación de los caracteres hereditarios. La sexualidad de los hongos en ocasiones está implícita en sus pro-

pios sistemas de reproducción sexual, como sucede en los llamados hongos perfectos, y otras veces, en ausencia de reproducción sexual, como ocurre en los hongos llamados imperfectos, se manifiesta mediante mecanismos genéticos especiales, como el sobrecruzamiento somático o recombinación mitótica y la subsiguiente parasexualidad. La heterocariosis, reunión en una misma célula o micelio de núcleos genéticamente diferentes compartiendo un citoplasma común, representa otro mecanismo de adaptación de los hongos. Otra fuente de variabilidad genética en los hongos es la variación citoplasmática. Todas las fuentes de variabilidad genética indicadas han contribuido a la formación de razas fisiológicas.

En términos generales, esta interrelación genética entre hospedero y parásito puede interpretarse como “la capacidad de un patógeno para desarrollarse y producir síntomas de enfermedad sobre un hospedero que tiene genes mayores para resistencia, está determinada por alelos que gobiernan la virulencia que están situados en los correspondientes loci del patógeno”. Es decir, que para cada gene del hospedero capaz de mutar para darle resistencia, existe un gene del patógeno capaz de mutar para vencer esa resistencia.

Chile, en su sector agrícola, es susceptible a sufrir catástrofes fito y zoo sanitarios, en forma voluntaria o involuntaria, por la introducción de organismos o formas genéticas de organismos patogénicos que pueden no estar presentes en el país, y para los cuales, en consecuencia, no existen, o no están incorporados al germoplasma comercial, los necesarios genes de resistencia capaces de controlar la virulencia del organismo patógeno

Chile en el contexto de la guerra biológica

Con fervor patriótico, con frecuencia se declara que Chile, desde el punto de vista fito y zoo sanitario, tiene insuperables características de país isla. Se sostiene que, “rodeados por la Cordillera de Los Andes en el este, el Océano Pacífico por el oeste, el desierto más árido del mundo en el norte, y al sur, el mismísimo Polo Sur, no hay nada que temer”. Estas características, se agrega, confieren extraordinarias condiciones para desarrollar cualquier tipo de agricultura, libre de problemas sanitarios.

Sin embargo, estas declaraciones tienden a olvidar que existen miles de kilómetros de fronteras y múltiples puntos de entrada como aeropuertos, pasos fronterizos y puertos, por don-

de, si no fuera por las barreras sanitarias del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), se introduciría voluntaria o involuntariamente, todo tipo de pestes y plagas. Otro factor que se trata de ignorar y que representa un riesgo difícil de cuantificar, lo constituyen los pasos fronterizos ilegales por donde circula un importante volumen de productos no controlados que esporádicamente hacen noticia, y que también se prestan para la introducción de plagas y pestes riesgosas para la sanidad de la agricultura nacional.

Sirven de recordatorio temporal de la susceptibilidad a la contaminación biológica, apariciones esporádicas de la mosca de la fruta, y episodios de amenaza o cierre efectivo de mercados de la carne por fiebre aftosa o influenza aviar. Un pasajero nacional o foráneo, que se siente globalizado, ve con profundo desagrado la necesidad de tener que llenar un formulario del SAG en los puntos internacionales de ingreso, y más aún, que le abran el equipaje en busca de algún compuesto orgánico observado en los detectores.

No obstante, la acción preventiva del SAG tiene un propósito que no es bien comprendido por la población. Chile, en su sector agrícola, es susceptible a sufrir catástrofes fito y zoo sanitarios, en forma voluntaria o involuntaria, por la introducción de organismos o formas genéticas de organismos patogénicos que pueden no estar presentes en el país, y para los cuales, en consecuencia, no existen, o no están incorporados al germoplasma comercial, los necesarios genes de resistencia capaces de controlar la virulencia del organismo patógeno.

Esta es una situación de peligrosa vulnerabilidad que no se puede ig-

norar. La competencia por los mercados internacionales es fiera, y la eliminación o reducción de la competitividad de un rival comercial puede considerarse como un logro.

La industria frutícola depende de la sanidad de sus productos para acceder a los mercados internacionales, y uno de los rubros más sensibles de esta accesibilidad está dado por la condición nacional de “país libre de la mosca de la fruta”. No hay nada más fácil que en las frutas, voluntaria o involuntariamente ocultas, del cocaví de un turista extranjero, proveniente de países limítrofes, vengán adheridos huevos de *Ceratitis capitata*, que se

transformen en un foco de infección luego de que los residuos de esa fruta sean arrojados a la basura. Erradicar a la mosca es difícil y caro, y cierra las exportaciones mientras dura el proceso.

La industria vitivinícola en constante expansión exportadora, y sometida a severa competencia internacional, basa la sanidad de sus plantas en muchas facetas, donde no es menor la condición de “país libre de *Phylloxera* sp.”, insecto hemíptero que deterioró los viñedos de

muchos otros países productores de vino.

El tan vapuleado trigo, cultivo que muchos consideran en extinción luego de los acuerdos de libre comercio firmados por Chile en 2002, ocupa, y creo que seguirá ocupando, el primer lugar entre los cultivos anuales del país, con aproximadamente 400.000 ha sembradas. Una enumeración y breve descripción de los organismos patógenos que lo atacan puede llenar un libro, y por lo tanto, son múltiples las oportunidades de que se enferme con nuevos patógenos o nuevas formas de patógenos llegados,

por ejemplo, en cargamentos voluntaria o involuntariamente contaminados de grano importado. Crear nuevos cultivos para enfrentar a esos organismos es un proceso largo y oneroso.

Durante algunos años Chile ha estado exportando carnes blancas. Ahora se han abierto posibilidades mayores a las carnes rojas, a la leche y el queso. Mantener e incrementar el flujo de exportaciones depende de la sanidad de nuestros animales. Recientemente el país sufrió pérdidas cuantiosas en sus exportaciones de aves por un episodio de influenza aviar, cuyo origen no está claro. La fiebre aftosa es otra amenaza permanente, en especial cuando nuestros vecinos geográficos la sufren en forma periódica. También dependemos de la condición nacional de “país libre de fiebre aftosa”, situación que es, al menos, frágil.

Los salmones, un rubro importante en la balanza comercial del país, son también susceptibles a enfermedades, y existen varias, devastadoras, que no están presentes en el país, y que pueden ser introducidas, por ejemplo, desde los residuos arrojados por un barco pesquero foráneo que se aproxime voluntaria o involuntariamente a los lugares oceánicos de cría.

La industria forestal no está inmune a este tipo de desastres biológicos, en especial al considerar la estrecha base de diversidad genética que presentan las plantaciones de algunas especies líderes, como el pino. La aparición de la llamada polilla de los pinos es un ejemplo de vulnerabilidad.

Una enumeración de otras posibilidades de riesgo sería sin duda, lata.

Se puede concluir, en consecuencia, que preservar y defender la fito y zoo sanidad del país de los riesgos biológicos que voluntaria o involuntariamente acechan, no es una tarea menor. Es una función donde el Estado tiene un rol irrenunciable por definición, pero en la que deben participar además, activamente, todos los profesionales chilenos asociados al área de la producción biológica, y donde es imprescindible, mediante educación, crear conciencia nacional de la vulnerabilidad y de los riesgos implícitos. **FAF**