

Capítulo 3

Control biológico de enfermedades de plantas en Brasil

**Wagner Bettioli^{1*}, Luiz Antonio Maffia^{2*}, Maria Luiza Marcico
Publio de Castro³**

¹*Embrapa Meio Ambiente; CP 69, 13820-000, Jaguariúna, SP, Brasil, wagner.bettioli@embrapa.br;*

²*Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG, lafmaffia@ufv.br.*

³*Bolsistas de Produtividade do CNPq. Cesis Ltda, Brasília, DF, marialuiza@cesis.bio.br.*

Introducción

Brasil es líder mundial en el sector de los agronegocios y ese liderazgo ocurre a costas de una dependencia creciente de insumos importados. Según el Departamento do Agronegócio da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Deagro/Fiesp), en 2012, las importaciones de insumos para los segmentos de fertilizantes, agrotóxicos, máquinas e implementos, nutrición animal y salud animal sobrepasaron los 18 billones de dólares (Lopes 2012). En el segmento de los agrotóxicos, en 2012, se previó un aumento casi tres veces superior al de 2007 y, actualmente, Brasil también es líder mundial en el consumo de agrotóxicos (Agência Câmara de Notícias, de 09/05/2012). En 2012, el director de la Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), José Agenor Álvares da Silva, afirmó que el país es responsable por 1/5 del consumo mundial de agrotóxicos, ya que utiliza el 19% de los producidos en el mundo. Para Gerson Freitas (Sindag. Uso de defensivos é intensificado no Brasil. *Jornal Valor*. 30/07/2012), los productores brasileños están usando una mayor cantidad de agrotóxicos, cuyas ventas entre 2006 y 2012 aumentaron de 480,1 mil a 826,7 mil toneladas (más de 72%). El área cultivada con cultivos de granos, fibras, café y caña de azúcar en ese período creció de 68,8 millones a 81,7 millones de ha, por lo tanto, menos de 19%. Para el autor, el consumo medio de agrotóxicos entre 2005 y 2011 pasó de poco más de 7 kg/ha a 10,1 kg/ha, lo que implica un aumento de 43,2%. El mayor crecimiento de las ventas ocurrió con los fungicidas: entre 2006 y 2011. El uso anual pasó de 56 mil a 174 mil toneladas, más del triple, en cinco años.

Las cifras sobre el consumo de agrotóxicos en Brasil impresionan y

reconocidamente, el uso intensivo de agrotóxicos en la agricultura causa varios problemas, como la contaminación de los alimentos, del suelo, del agua y de los animales; la intoxicación de agricultores; la resistencia de plagas a principios activos; la intensificación del surgimiento de enfermedades iatrogénicas; el desequilibrio biológico, alterando el ciclo de nutrientes y de la materia orgánica; la eliminación de organismos benéficos y la reducción de la biodiversidad. Esos hechos preocupan a los distintos segmentos de la sociedad en tanto el uso indiscriminado de agrotóxicos genera, por lo menos, dos consecuencias importantes: i. cambios en la agenda ambiental de varios países; y ii. creación de mercados de alimentos con certificación de que los agrotóxicos fueron usados adecuadamente; o no fueron usados (productos orgánicos). Por lo tanto, crece la demanda de alternativas para atender las restricciones ambientales y las exigencias de los consumidores. Entre las alternativas, se encuentra el control biológico, incluido en el contexto de manejo integrado de plagas.

Se puede definir el biocontrol de enfermedades de plantas como el control de un microorganismo patógeno, por otro microorganismo, normalmente denominado antagonista. Existen conceptos más exhaustivos como el de Cook y Baker (1983), quienes consideran al control biológico como “la reducción de la cantidad de inóculo de un patógeno o de sus actividades para causar enfermedad, obtenida por o a través de uno o más organismos diferentes del hombre”. Para dichos autores, las actividades determinantes de enfermedades involucran crecimiento, infectividad, virulencia, agresividad, sobrevivencia y otras características del patógeno, o procesos que determinan infección, desarrollo de síntomas y reproducción. Para el biocontrol, se pueden utilizar poblaciones residentes o se puede introducir un antagonista. Así, las prácticas culturales pueden acompañar al biocontrol, con el objetivo de lograr un ambiente favorable para los antagonistas y la planta hospedante. Algunos autores incluyen la resistencia genética de plantas hospedantes como forma de biocontrol, pero no es nuestro caso. Por otro lado, consideramos la inducción de resistencia - por poblaciones avirulentas o hipovirulentas de patógenos, antagonistas o agentes abióticos - como biocontrol. Adicionalmente, abordaremos el biocontrol de enfermedades de plantas en Brasil por medio de agentes microbianos. Consideraremos como biopesticidas a los microorganismos vivos (hongos, bacterias, virus, nematodos) y los macrorganismos (predadores y parasitoides, insectos y ácaros) o productos naturales derivados de esos organismos usados en el control de enfermedades. Las plantas producen compuestos alelopáticos y de metabolismo secundario, extensivamente estudiados en Brasil y también son considerados como biopesticidas, pero no serán abordados aquí.

En tanto, la mera sustitución de un producto químico por uno biológico no es la situación adecuada, si no se avanza en el desarrollo de sistemas de cultivo más sustentables y por lo tanto, menos dependientes del uso de agrotóxicos. El concepto de agricultura sustentable incluye el manejo adecuado de los recursos naturales, evitando la degradación del ambiente de forma a permitir la satisfacción de las necesidades humanas de las generaciones actuales y futuras (Bird *et al.* 1990). Ese enfoque altera las prioridades de los sistemas convencionales de agricultura en relación al uso de fuentes no renovables, principalmente de energía, y cambia la visión sobre los niveles adecuados del

balance entre la producción de alimentos y los impactos en el ambiente. Las alteraciones implican la reducción de la dependencia por productos químicos y otros insumos energéticos y el mayor uso de procesos biológicos en los sistemas agrícolas (Bettiol y Ghini 2003).

Mercado de pesticidas en Brasil

Si se toman en consideración las cifras mencionadas, no sorprende constatar que Brasil sea uno de los mayores consumidores mundiales de pesticidas químicos en la agricultura con ventas de, aproximadamente, US\$ 7,304 billones en 2010, US\$ 8,487 billones en 2011, y valores de US\$ 9,710 billones en 2012 (Bettiol 2011, Sindag 2013). En 2010, los herbicidas fueron los más importantes con ventas de US\$ 2,428 billones, seguidos por los insecticidas (US\$ 2,365 billones) y fungicidas (US\$ 2,128 billones) (Bettiol 2011, Sindag 2011). En 2012, los insecticidas representaron US\$3,606 billones, seguidos por los herbicidas con US\$3,315 billones y por los fungicidas con US\$2,468 billones (Sindag 2013). En general, los productos basados en agentes de biocontrol representan alrededor de 1-2% de las ventas de los pesticidas químicos (US\$97 millones a US\$194 millones). Los agentes de biocontrol de malezas no están disponibles en el mercado. Así, considerando que son sólo comercializados bioagentes para el control de plagas y enfermedades, el porcentaje de ese mercado alcanza 2%. Estimaciones optimistas proyectan ventas de biopesticidas cercanas al 10% en 2020, pero aún se necesitan muchos trabajos de investigación, desarrollo y de reglamentación, que son críticos, para alcanzar esa cifra (Bettiol 2011). En tanto, según Luiz Eduardo Rangel (www.agrow.com; Robert Birkett de 25/07/2012 – Brazil to raise biopesticides to 10% of production), responsable en el Ministério de la Agricultura, Pecuária y Abastecimento (MAPA) por el registro de agrotóxicos y afines, el objetivo es que en 2015 la suma de productos biológicos alcance el 10% de los pesticidas producidos en Brasil. Afirma que hubo un aumento de 75% en el número de esos productos, incluyendo feromonas para uso en la agricultura en Brasil, pasando de 41 a 75 los productos disponibles.

En Brasil, los productos basados en macro y microorganismos son considerados como productos para protección de plantas, por lo tanto, se rigen con la misma reglamentación para registro y uso que los pesticidas químicos. Sin duda, lo dificultoso del proceso de registro es una de las razones que explican el pequeño mercado de biopesticidas en Brasil. Por ello, en los últimos años las autoridades de los órganos de medio ambiente, salud pública y de agricultura, están estimulando/facilitando el registro de biopesticidas. Esas autoridades están trabajando para establecer una legislación específica de registro de biopesticidas. Un decreto de registro de agentes de biocontrol para agricultura orgánica que fue aprobado en julio de 2009, simplifica el proceso de registro para ese modelo de agricultura. Esos aspectos son discutidos más adelante en este capítulo.

A pesar de ello, continúan algunos grandes desafíos como: aprobar una legislación específica para registro de biopesticidas, reducir el período (4 a 5 años) y reducir los costos de registro de biopesticidas, exceptuar del registro a macroorganismos usados como biopesticidas, y establecer el registro de

biopesticidas considerando el problema objetivo y no el cultivo.

En octubre de 2007 fue creada la Associação Brasileira das Empresas de Biocontrole –ABC BIO - en el ámbito del Foro Permanente de Adecuación Fitosanitaria de Embrapa Medio Ambiente, para organizar el sector en Brasil. Actualmente, la ABC BIO tiene 25 compañías asociadas. En junio de 2009, fue organizado por Embrapa Medio Ambiente y por el MAPA, un Workshop para discutir “Las ventajas del registro de los productos biológicos para el control de enfermedades y plagas”. Esas acciones, asociadas al desempeño de la ABC BIO, han resultado en un aumento creciente del envío a registro especial temporario (RET), por las empresas, primer paso para el registro de biopesticidas. Posiblemente, con esas acciones, así como el interés de la sociedad y del mercado, ocurra un aumento en el número de biopesticidas registrados en Brasil y ese número crezca continuamente.

Somos optimistas, y pensamos que dentro de 2 a 3 años el número de biopesticidas registrados en Brasil crecerá sustancialmente, pues todos los actores involucrados en el proceso han discutido activamente el tema e intentado realizar los ajustes necesarios.

Mercado de biopesticidas en Brasil

Los agentes de biocontrol representan solamente un pequeño porcentaje de los pesticidas registrados en Brasil. En agosto de 2011, había 1.352 pesticidas químicos (formulaciones y mezclas) registrados (Tabla 1) y solamente 27 agentes de biocontrol (Tabla 2). Ya en julio de 2012 el número de pesticidas químicos era de 1.357 y el de biopesticidas 31, siendo que en abril de 2013 el número de biopesticidas registrados para agricultura orgánica era de 16. En Noviembre de 2013 eran 52 biopesticidas registrados (Tabla 2). Entre tanto, el número de agentes de biocontrol comercializados, pero no registrados es muy superior. Sin duda, el alto costo y el tiempo que se demora en el proceso de registro es una de las razones por la que se utilizan productos no registrados.

Tabla 1. Número de productos comerciales por categoría de pesticidas registrados en Brasil en Agosto de 2011.

Pesticida	Número
Herbicida	485
Insecticida	406
Fungicida	377
Acaricida	143
Feromona	43
Nematicida	25
Bactericida	14
Otros	56
Total	1.352

Fuente: <http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-inicial/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit> (10 de agosto de 2011).

Tabla 2. Especies y número de agentes de biocontrol registrados para uso agrícola como biopesticidas en Brasil en Octubre de 2011, Febrero de 2012 y Noviembre 2013.

Bioagente	10/2011	02/2012	11/2013
<i>Aspergillus flavus</i> NRRL 21882	1	1	1
<i>Bacillus thuringiensis</i>	9	9	9
<i>Bacillus subtilis</i>	1	1	1
<i>Bacillus pumilus</i>	1	1	1
<i>Baculovirus anticarsia</i>	3	3	3
<i>Beauveria bassiana</i>	1	2	3
<i>Condylorrhiza vestigialis</i> Nucleopolyhedrovirus			2
<i>Ceratitis capitata</i> (macho estéril)	1	1	1
<i>Cotesia flavipes</i>	1	3	13
<i>Metarhizium anisopliae</i>	3	4	6
<i>Paecilomyces lilacinus</i>			1
<i>Steinernema puertoricense</i>	1	1	1
<i>Trichogramma galloi</i>	1	1	1
<i>Trichoderma asperellum</i>	1	2	2
<i>Trichoderma harzianum</i>	1	1	2
<i>Trichoderma stromaticum</i>			1
<i>Neoseiulus californicus</i>		1	4
Otros	1		

Fuente: <http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-inicial/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit> (Octubre, 2011, Febrero, 2012 y Noviembre 2013).

Con todo, debe ser considerado que el número de productos en base a agentes de biocontrol en los estados iniciales de registro ha aumentado de manera significativa en los últimos dos años. Eso demuestra el interés de las empresas en comercializar legalmente esos productos. Varios agentes de biocontrol son comercializados como promotores de crecimiento, composts, biofertilizantes o inoculantes debido a que para este tipo de productos el proceso de registro es mucho más simple, los costos son menores y son aprobados con mayor rapidez (Bettiol 2011).

Las especies registradas son *Baculovirus anticarsia* y *Condylorrhiza vestigialis* Nucleopolyhedrovirus (virus), *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus subtilis* y *Bacillus pumilus* (bacteria), *Aspergillus flavus* NRRL 21882, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces lilacinus*, *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma stromaticum* y *Trichoderma harzianum* (hongos), *Steinernema puertoricense* (nematodo), *Ceratitis capitata* (macho estéril), *Cotesia flavipes*, *Neoseiulus californicus* y *Trichogramma galloi* (parasitoides). Las especies más importantes comercializadas son *Cotesia* y *Trichogramma* para el control de *Diatraea saccharalis* (barrenador del tallo) en caña de azúcar en, aproximadamente, 3 y 0,5 millones de ha, respectivamente; *Metarhizium anisopliae* para el control de *Mahanarva* (cigarrita) de la caña de azúcar, aproximadamente, 2 millones de ha; *Trichoderma* spp. para el control de varios patógenos habitantes del suelo en, aproximadamente, 3 millones de ha; *Bacillus thuringiensis* en, aproximadamente, 0,3 millones de ha para el control de orugas; *Baculovirus anticarsia* para el control

de *Anticarsia gemmatalis* (isoca) de la soja en 0,3 millones de ha; y *Metarhizium anisopliae* en pasturas para el control de *Mahanarva posticata* (cigarrita) en, aproximadamente, 60.000 ha. Además de esas especies, se comercializan otras, pero sin registro: *Clonostachys rosea*, *Isaria* sp., *Lecanicillium lecanii*, *Lecanicillium longisporum*, *Pochonia chlamidosporia* y *Trichoderma* spp.; *Orius insidiosus*, *Podisus nigrispinus* (ácaros) y otros (Bettiol 2011).

Un indicador del aumento de la demanda por agentes de biocontrol es la evolución del uso de *Trichoderma*. El área tratada con *Trichoderma* en 2008 era de aproximadamente, 600.000 ha y en 2010 el área aumentó a más de 1.200.000 ha. Un incremento de aproximadamente, 100% en tres años. La demanda por ese agente de biocontrol se debe al aumento de los problemas con el moho blanco, causado por *Sclerotinia sclerotiorum*, en soja, actualmente el cultivo más importante en Brasil.

Sin dudas, la demanda de biopesticidas se encuentra en aumento. Su crecimiento sería mayor si se incrementase la disponibilidad de productos lo que, en gran parte, depende de la adecuación de la legislación para el registro.

Evolución de la legislación brasileña para el registro de productos de baja toxicidad y peligrosidad

El registro de un producto es la forma legal que habilita su comercialización en el país, ya sea mediante la formulación/fabricación de sus componentes y/o de la importación/exportación del mismo. El objetivo del registro es, entre otras cosas, el de garantizar la seguridad de la población y del medio ambiente, además de garantizar patrones de calidad y eficiencia de los productos.

El avance de los bioplaguicidas, considerados productos de baja toxicidad y peligrosidad, utilizados en el control de plagas y enfermedades, se constata a nivel mundial en los últimos años. Según fuentes del CPL *Business Consultants*, hubo un aumento del 47% en la producción de estos insumos, en el período de 2005 a 2008, con una producción que varió de US\$ 270 millones a US\$ 396 millones (CPL 2011).

Brasil tiene una avanzada legislación para el registro de productos destinados a la agricultura y entornos urbanos. A su vez existen otras leyes relacionadas que también deben ser respetadas por los empresarios que pretendan legalizar sus productos. Por más paradójico que parezca, en el Brasil, los productos de baja toxicidad y peligrosidad, como por ejemplo, los productos biológicos utilizados en el control de plagas y enfermedades agrícolas, en función de su encuadre, son regulados por la ley N° 7.802/89 (Brasil 1989), Ley de agrotóxicos y afines. Es de destacar, que no es el origen de los productos lo que lleva a ser abarcados por esta ley, sino la finalidad para la que son destinados, o sea, controlar seres vivos considerados nocivos (Castro y Oliveira Filho 2006).

Un producto es definido como agrotóxico o afín, según esta legislación, cuando se trata de un producto o agente “de procesos físicos, químicos o biológicos, destinados al uso en la producción, almacenamiento y transformación de productos agrícolas, en las pasturas, en la protección de bosques nativos o implantados y otros

ecosistemas y también en ambientes urbanos, hídricos e industriales, cuya finalidad sea alterar la composición de la flora o fauna, con el fin de preservarlas de la acción dañina de seres vivos considerados nocivos". En este contexto, se encuadran los agentes de control biológico (entomopatógenos, parasitoides, predadores, nematodos, antagonistas, competidores), los semioquímicos, otros bioquímicos, extractos vegetales y minerales, utilizados en la agricultura con la finalidad de controlar organismos considerados nocivos, además de todo otro producto que sea utilizado para el control de plagas agrícolas y que se ajuste a la definición legal.

Anteriormente a la Ley de agrotóxicos y afines, la legislación que reglamentaba al sector era extremadamente antigua, teniendo como base al Decreto N° 24.114/34 (Brasil 1934). En aquella época, el registro de productos agrotóxicos era sólo competencia del Ministerio de Agricultura. La Ley N° 7.802/89 (Brasil, 1989) trajo una serie de innovaciones y beneficios garantizando la seguridad de la población y del medio ambiente, asegurando patrones de calidad y eficiencia, además del uso seguro de los agrotóxicos en el país, con la participación conjunta de tres órganos federales reguladores: el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (MAPA), la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (ANVISA) y el Instituto Brasileño de Medio Ambiente y Recursos Naturales Renovables (IBAMA). El detalle de los requisitos necesarios para el registro de productos agrotóxicos y afines se encuentra en el Decreto 4.074/02 (Brasil 2002) que, además de mencionar la necesidad de publicar los demás instrumentos jurídicos normativos específicos existentes para cada producto considerado de baja toxicidad y peligrosidad, sostiene el tratamiento priorizado y evaluación diferenciada de los productos de ésta categoría.

Un factor de complicación para llevar a cabo la priorización y evaluación diferencial de los productos considerados de baja toxicidad y peligrosidad, de los que trata el Decreto 4.074/02 (Brasil 2002), es la inexistencia de una norma que defina el término "Baja Toxicidad y Peligrosidad". Este detalle es de extrema importancia, pues al no haber una definición apropiada, cada uno de los organismos federales reguladores puede interpretar a su manera qué productos, analizando caso a caso, deben o no recibir la tramitación priorizada establecida en el Decreto. Téngase en cuenta que la evaluación de estos productos no sigue un patrón previo, como acontece con los agrotóxicos químicos convencionales, ya que presentan peculiaridades que los colocan en una situación individualizada y muchas veces, inédita para el evaluador (Castro y Oliveira Filho 2006). Esta singularidad se produce con frecuencia, pues con el avance de la ciencia, nuevos productos llamados "alternativos" están apareciendo constantemente en el mercado.

Antes de que se publicasen las normas específicas que contemplan los requisitos técnicos exigidos para el registro, diferenciando los productos de baja toxicidad y peligrosidad de los agrotóxicos convencionales, todo el proceso de evaluación y registro, estaba volcado exclusivamente a la evaluación de sustancias químicas y los demás productos, enmarcados por la misma Ley, totalmente distintos, venían siendo procesados siguiendo esos protocolos. A diferencia de la regulación de los agrotóxicos convencionales, los productos considerados de baja toxicidad y peligrosidad son evaluados aplicándose el sistema de etapas, desde la publicación de la normativa específica para productos microbiológicos,

la Portaria Normativa IBAMA n° 131/97 (IBAMA 1997).

Ese primer avance, frente a la reglamentación de los agrotóxicos denominados convencionales, además de reducir el número de estudios obligatorios requeridos para el registro de los productos, minimizando los costos relacionados a la presentación de datos de los productos considerados de baja toxicidad y peligrosidad, tuvo también la intención de optimizar el tiempo de evaluación de las solicitudes de registro de productos con esa característica.

Uno de los problemas que se presentaron con la publicación Portaria n° 131/97 (Brasil 1997) fue la armonización de los requisitos y procedimientos necesarios para el registro de los productos microbiológicos, una vez que la ley de agrotóxicos y afines definió la competencia conjunta entre ANVISA, MAPA y IBAMA para la evaluación y registro de los mismos y solamente IBAMA presentó el documento legal detallando cuales serían los parámetros técnicos exigidos para la solicitud de registro. En este sentido, ANVISA, entendiendo que las regulaciones existentes para agrotóxicos y afines relativos a la salud humana, tales como la Portaria n° 03/92 (Brasil 1992), no trataban específicamente de productos microbiológicos, publicó la Resolución de la Junta Diretiva Colegiada (RDC) n° 195/02 (ANVISA 2002), con el fin de diferenciarlos y priorizarlos en el contexto de los agrotóxicos y afines.

La completa armonización de las normas y requisitos técnicos para el registro de los productos biológicos, con base en la ley de agrotóxicos y afines se completó con la publicación de las Instrucciones Normativas Conjuntas, mencionadas por el Decreto N° 4.074/02, al establecer la priorización para la evaluación diferenciada de los productos de esa categoría. La Instrucción Normativa Conjunta N° 3/06 (Brasil 2006b), que trata sobre la regulación de productos microbiológicos contemplando todos los aspectos referentes a las evaluaciones de ANVISA, IBAMA y MAPA, es el principal ejemplo de esto.

Los instrumentos legales después de armonizados por las agencias gubernamentales competentes mediante el registro de productos considerados de baja toxicidad y peligrosidad, inserto en la ley de agrotóxicos y afines, mantuvieron la división en etapas de los requisitos técnicos obligatorios a ser presentados durante el proceso de registro sugerido desde la Portaria Normativa IBAMA N° 131/97 (Brasil 1997), específica para productos microbiológicos. Al mantener este sistema, el Gobierno Federal evidenció el intento de reducir algunos sesgos existentes en la legislación, aumentando la posibilidad de registro de estos productos en el mercado brasileño (Rangel 2006). Esto se realiza en el entendido de que cuanto menor sea la toxicidad de los productos usados en el control de plagas y enfermedades, mayor será la seguridad para la población y el medio ambiente.

Considerando la posible baja toxicidad, el alcance del análisis se divide en tres fases (I, II y III) y apunta a exigir lo que es realmente necesario para comprobar la toxicidad de esos productos diferenciados. Como ya fue mencionado, este sistema fue elaborado para facilitar el registro y valorizar aún más a los productos de baja toxicidad y peligrosidad, como es el caso de los productos microbiológicos. La fase I consiste en una batería de test de corta duración. En caso de que ningún efecto adverso sea observado en esta primera fase, no es necesario realizar los demás test de las fases II y III. La fase II evalúa

una situación particular, cuando son encontrados indicios de toxicidad o efectos adversos en la fase I. En caso de observarse daños en los resultados de la fase II, se deben realizar directamente los estudios de la fase III (Tablas 3 a 9).

Otro ejemplo importante que demuestra avances en la diferenciación de los productos de baja toxicidad y peligrosidad de aquellos considerados agrotóxicos convencionales son los requisitos exigidos por la Instrucción Normativa Conjunta N° 25/05 (Brasil 2005), que trata del RET (Registro Especial Temporario), mecanismo creado por el gobierno, para estar informado sobre las

Tabla 3. Estudios requeridos para la evaluación toxicológica, ecotoxicológica y de la patogenicidad de productos microbiológicos según la INC N° 03/2006. 1 - Estudios requeridos para la caracterización del producto

Propiedades Físico-Químicas		
3. Miscibilidad (T)	PT o PF	
4. pH (T)	PT o PF	
5. Densidad (T)	PT o PF	
6. Estabilidad (T)	PT o PF	A la luz solar, pH 5, 7,9; aire, temperatura, metales y sus iones
7. Estabilidad durante almacenaje (T)	PT o PF	Condiciones para mantenimiento del producto
8. Viscosidad (T)	PT o PF	Sólo para líquidos a temperatura ambiente
9. Características corrosivas (T)	PT o PF	En relación a materiales de acondicionamiento

Referencias: IA = ingrediente activo; PT = producto técnico; PF = producto formulado; T = prueba

Tabla 4. Estudios requeridos para la evaluación toxicológica, ecotoxicológica y de la patogenicidad de productos microbiológicos según la INC N° 03/2006. 2 - Estudios requeridos para la evaluación toxicológica y de la patogenicidad, divididos en tres fases distintas: FASE I

Parámetros	EE	Producto(s) a ser evaluado(s)	Observaciones
1. Toxicidad/patogenicidad oral aguda	R	IA o PT y PF	
2. Toxicidad/patogenicidad pulmonar aguda	R	IA o PT y PF	
3. Toxicidad/patogenicidad intravenosa aguda	CR	IA o PT y PF	Requerido cuando el IA es bacteria o virus
4. Toxicidad/patogenicidad intraperitoneal	CR	IA o PT y PF	Requerido cuando el IA es hongo o protozoo
5. Sensibilización dérmica	R	PT y PF	
6. Cultivo de células	CR	IA o PT	Requerido cuando el IA es virus
7. Toxicidad cutánea aguda	R	IA o PT y PF	
8. Irritación/infección ocular primaria	R	IA o PT y PF	
9. Irritación cutánea primaria	CR	IA o PT y PF	Requerido cuando el microorganismo estuviera taxonómicamente relacionado con otro conocido como irritante. Exceptuado para pH < 2 o pH > 11

Referencias: EE = especificación de la exigencia R = requerido CR = condicionalmente requerido

Tabla 5. Estudios requeridos para la evaluación toxicológica, ecotoxicológica y de la patogenicidad de productos microbiológicos según la INC N° 03/2006. Estudios requeridos para la evaluación toxicológica y de la patogenicidad, divididos en tres fases distintas: FASE II

Parámetros	EE	Producto(s) a Ser evaluado(s)	Observaciones
1. Toxicidad oral aguda - DL ₅₀	CR	IA o PT y PF	Requerido cuando se observaran toxicidad oral, pero no patogenicidad o infectividad en los estudios agudos de la Fase I.
2. Toxicidad inhalatoria aguda - CL ₅₀	CR	IA o PT y PF	Requerido cuando fueran observadas toxicidad pulmonar, pero no patogenicidad o infectividad en los estudios agudos de la Fase I. Requerido cuando fueran observadas infectividad y/o persistencia anormal, en ausencia de patogenicidad y/o toxicidad de los estudios de la Fase I; las vías de exposición deben corresponder a aquellas en las que fueran observados efectos adversos. También puede ser exigido para evaluar efectos adversos debido a contaminantes microbianos o subproductos tóxicos, independiente de cualquier efecto en la Fase I.
3. Toxicidad/ patogenicidad subcrónica	CR	IA o PT	

Referencias: EE = especificación de la exigencia; CR = condicionalmente requerido; IA= ingrediente activo; PT = producto técnico; PF = producto formulado.

Tabla 6. Estudios requeridos para la evaluación toxicológica, ecotoxicológica y de la patogenicidad de productos microbiológicos según la INC N° 03/2006. Estudios requeridos para la evaluación toxicológica y de la patogenicidad, divididos en tres fases distintas: FASE III

Parámetros	EE	Producto(s) a ser evaluados	Observaciones
1. Efectos sobre reproducción/ fertilidad y capacidad teratogénicas	CR	IA o PT	Requerido cuando fueran observadas cualquiera de las siguientes situaciones: infectividad del agente de control en animales en el estudio subcrónico de la Fase II, sin ninguna señal de patogenicidad o toxicidad; si el agente de control fuera virus que pueda persistir o replicar en cultivos de células de mamíferos, el agente microbiano no es totalmente conocido taxonómicamente y está relacionado con organismos parasíticos de células de mamíferos; cuando existan indicaciones de que puedan contener contaminantes que son parásitos de animales. Requerido para productos que contengan o sean sospechosos de contener virus carcinogénicos. Requerido para productos que contengan o sean sospechosos de contener virus que puedan intervenir adversamente sobre componentes del sistema inmunológico de mamíferos.
2. Capacidad carcinógena	CR	IA o PT	
3. Respuesta de impunidad celular	CR	IA o PT	

Referencias: EE = especificación de la exigencia; CR = condicionalmente requerido; IA = ingrediente activo; PT = producto técnico

Tabla 7. Estudios requeridos para la evaluación toxicológica, ecotoxicológica y de la patogenicidad de productos microbiológicos según la INC N° 03/2006. Estudios requeridos para la evaluación ecotoxicológica, divididos en tres fases distintas: FASE I

Pruebas	EE	Producto(s) a ser evaluado(s)	Observaciones
1. Oral para aves	R	IA o PT	
2. Inhalatorio para aves	CR	IA o PT	Requerido cuando la naturaleza del agente microbiológico y/o sus toxinas indicaran patogenicidad potencial p/ aves.
3. Mamíferos silvestres	CR	IA o PT	
4. Peces de agua dulce	R	IA o PT	
5. Invertebrados de agua dulce	R	IA o PT	
6. Animales de estuarios y marinos	CR	IA o PT	Cuando el uso fuera directo en estuario y ambientes marinos, o con expectativa de alcanzar tales ambientes en concentraciones significativas (patrón de uso, movilidad del agente).
7. Plantas no objetivo	CR	IA o PT	
8. Insectos no objetivo	R	IA o PT	
9. Abejas	R	IA o PT	
10. Lombrices	CR	IA o PT	

Referencias: EE = especificación de exigencia; R = requerido; CR = condicionalmente requerido; IA = ingrediente activo; PT = producto técnico.

investigaciones y experimentos que se están llevando a cabo en Brasil en el área de la protección vegetal. Para recibir el Certificado de RET es necesario el envío de informaciones para que el gobierno tome conocimiento de las investigaciones de eficacia y toxicidad del producto investigado. Tratándose de productos diferentes a los agrotóxicos convencionales, donde se incluyen productos microbiológicos entre otros, no se considera su encuadre de la misma forma que los agrotóxicos (sustancias químicas), dependiendo del tamaño del área en experimentación y de la cantidad de producto utilizado. La buena noticia es que si el producto no es encuadrado en la categoría de químico convencional no tendrá necesidad de pagar la tasa RET establecida por el IBAMA, que puede variar de R\$ 532,00 (quinientos treinta y dos reales) a R\$ 2.130,00 (dos mil ciento treinta reales). Hasta el momento el cambio ha ocurrido solamente en el IBAMA, pues las tasas cobradas por la ANVISA, dependiendo del tamaño de la empresa, continúan siendo las mismas. Otro ejemplo de evolución de la legislación apuntando a minimizar las dificultades para el registro de productos considerados de baja toxicidad debido a las exigencias, muchas veces complejas, como por los costos relacionados a ellas, una vez que tales productos son regidos por la ley de agrotóxicos y afines, la no necesidad de destrucción de las áreas de terceros luego de utilizadas para la experimentación con productos como los agentes de control biológico

Tabla 8. Estudios requeridos para la evaluación toxicológica, ecotoxicológica y de la patogenicidad de productos microbiológicos según la INC N° 03/2006. Estudios requeridos para la evaluación ecotoxicológica, divididos en tres fases distintas: FASE II

Pruebas	EE	Producto(s) a ser evaluado(s)	Observaciones
1. Comportamiento en el ambiente terrestre	CR	IA o PT	Requerido cuando fueran observados efectos patogénicos o tóxicos en las pruebas de la Fase I con organismos terrestres. Requerido cuando fueran observados efectos patogénicos en las pruebas de la Fase I con organismos acuáticos de agua dulce.
3. Comportamiento en ambiente estuarino y marino	CR	IA o PT	Requerido cuando el producto fuera para aplicación terrestre o en agua dulce, y fueran observados efectos tóxicos o patogénicos en cualquiera de los estudios de la Fase I con organismos de estuario u marinos; o cuando el producto fuera recomendado para ambientes marinos o de estuarios, o fueran observados efectos tóxicos o patogénicos en cualquiera de las siguientes pruebas de la Fase I: oral agudo en aves; inhalación con aves; toxicidad/patogenicidad en animales marinos o de estuarios.

Referencias: EE = especificación de la exigencia; R = requerido; CR = condicionalmente requerido; IA = ingrediente activo; PT = producto técnico.

(parasitoides y depredadores) – Instrucción Normativa Conjunta n° 2/06 (Brasil 2006c), además de los productos semioquímicos. Antes de la publicación de la Instrucción Normativa Conjunta n° 25/05 (Brasil 2005), el propietario de la tierra debería recibir una indemnización por la destrucción de los restos de cultivo después de finalizado el experimento ya que no podría utilizar ese cultivo para ningún otro fin.

En los años 2007 y 2008, algunas soluciones fueron implantadas por los órganos gubernamentales con la idea de optimizar la ejecución de los trámites presentados frente a la ley de agrotóxicos y afines. El SISRET – Sistema Electrónico de Requisitos de Análisis de Registro Especial Temporario fue una de esas soluciones, sin embargo, desde su implantación hasta hoy, el SISRET atiende solamente las necesidades de los agrotóxicos químicos convencionales. Hasta el momento no son contemplados por el sistema electrónico productos biológicos y/o naturales, considerados de baja toxicidad y peligrosidad, que continúan teniendo que realizar sus trámites ante los organismos reguladores mediante papel. Eso disminuye la agilidad del análisis necesario, ya que los protocolos electrónicos son recibidos y analizados de inmediato, en tanto que aquellos recibidos en papel siguen por otro camino de tramitación hasta llegar a la mesa de los técnicos analistas.

Otras importantes iniciativas presentadas por el gobierno con el fin de agilizar el registro de los productos denominados de baja toxicidad y peligrosidad llegaron con la publicación del Decreto n° 6.323/07 (Brasil 2007) que reguló las actividades de la ley de orgánicos n° 10.831/03 (Brasil 2003) estableciendo que los insumos con uso regulado para la agricultura orgánica deberían ser objeto de proceso de registro priorizado y diferenciado, y para ello, el MAPA tiene

Tabla 9. Estudios requeridos para la evaluación toxicológica, ecotoxicológica y de la patogenicidad de productos microbiológicos según la INC N° 03/2006. Estudios requeridos para la evaluación ecotoxicológica, divididos en tres fases distintas: FASE III

Pruebas	EE	Producto(s) a ser evaluado(s)	Observaciones
1. Organismos terrestres y acuáticos	CR	IA o PT	Requerido cuando fueran observados efectos tóxicos sobre organismos no-objetivo (salvajes, terrestres o acuáticos) en una o más pruebas de la Fase I y los resultados de la Fase II indicaran exposición de tales organismos al agente microbiológico.
2. Patogenicidad crónica y reproducción de aves	CR	IA o PT	Requerido cuando fueran observados efectos patogénicos en aves en la Fase I; efectos crónicos carcinogénicos o teratogénicos fueran relatados en pruebas de evaluación (tóxico - patológica); pruebas de comportamiento en el ambiente de la Fase II indicaran que la fuera probable exposición de animales terrestres al agente de control.
3. Especificidad a invertebrados acuáticos y Estudios del ciclo biológico de peces	CR	IA o PT	Requerido cuando el producto fuera indicado para uso en agua o cuando hubiera posibilidad de que sea transportado en cantidades significativas a través del agua desde el sitio de utilización, y cuando fuera observada patogenicidad o infectividad en las pruebas acuáticas de la Fase I.
4. Perturbación del ecosistema acuático	CR	IA o PT	Si fuera determinado que su uso puede resultar en efectos adversos (principalmente infectividad, patogenicidad o viabilidad en agua natural) a organismos no-objetivo de columna de agua y de sedimentos, luego del análisis de las informaciones exigidas para los agentes microbiológicos y evaluación de los resultados de las Fases I y II sobre organismos no - objetivo y comportamiento ambiental.
5. Plantas no-objetivo	CR	IA o PT	Si el producto es transportado desde el lugar de aplicación por el suelo, aire, agua o por animales, y cuando se observase patogenicidad sobre plantas no-objetivo; el grado de movimiento será determinado por las pruebas de la Fase II.

Referencias: EE = especificación de la exigencia; CR = condicionalmente requerido; IA = ingrediente activo; PT = producto técnico.

Tabla 10. Especificaciones de referencia de productos fitosanitarios con uso aprobado para agricultura orgánica, presentando las características y los patrones de concentración establecidos por el Gobierno para productos basados en *Cotesia flavipes*, según: INC SDA/SDC n° 02 de 02 de junio de 2011.

Agente biológico de control		<i>Cotesia flavipes</i>
Clasificación Taxonómica	Reino	Animal
	Filo	Arthropoda
	Clase	Insecta
	Sub-clase	Pterygota
	Orden	Hymenoptera
	Super familia	Ichneumonoidea
	Familia	Braconidae
	Sub-familia	Microgastrinae
	Género	<i>Cotesia</i>
	Especie	<i>Cotesia flavipes</i>
Clase de uso		Insecticida biológico
Forma de presentación		Insectos vivos
	Objetivo biológico	<i>Diatraea saccharalis</i> (barrenador de la caña)
Indicación de uso	Cultivos	En todos los cultivos con ocurrencia del objetivo biológico. Eficiencia agronómica comprobada para el cultivo de caña de azúcar. El parasitoide (avispa) debe ser comercializado en la forma de pupa, pero las liberaciones realizadas solo después de 8 a 12 horas del inicio del "nacimiento" (emergencia) de los adultos. El nivel de control del barrenador se basa en la población de orugas y se recomienda liberar la avispa toda vez que fuera constatada la presencia de 800 a 1.000 larvas de <i>Diatraea saccharalis</i> por hectárea. Si la evaluación poblacional del barrenador no hubiera sido realizada en la finca, se debe liberar la avispa en aquellas áreas donde la intensidad de infestación haya sido superior a 2% en la cosecha anterior. En general, se deben liberar 6.000 avispas/ha divididas en 8 puntos de liberación (750 avispas/ punto de liberación), cantidad que puede ser repetida, 15 días después, cuando se constate la presencia de 800 a 1.000 larvas no parasitadas/ha. Las liberaciones deben ser realizadas al atardecer o por la mañana, evitar las horas más calientes del día.

Tabla 11. Especificaciones de referencia de productos fitosanitarios con uso aprobado para agricultura orgánica, presentando las características y los patrones de concentración establecidos por el Gobierno para productos basados en Baculovirus *Anticarsia gemmatalis*, según instrucción normativa conjunta n° 04 de 04 de abril de 2012.

Agente microbiológico de control	Baculovirus <i>Anticarsia gemmatalis</i>	
Clasificación Taxonómica	Familia	Baculoviridae
	Género	<i>Alphabaculovirus</i> - Nucleopolyhedrovirus
	Especie	<i>Anticarsia gemmatalis multiple nucleopolyhedrovirus</i> (AgMNPV)
Composición		
Descripción	Función	%
<i>Anticarsia gemmatalis multiple nucleopolyhedrovirus</i> (7 x 10 ⁹ cuerpos poliédricos de inclusión del virus / g de producto)	Ingrediente activo	0,6
Caolinita	Inerte	73
Materia Orgánica (fase líquida y semi-sólida del cuerpo de insecto conteniendo el virus)	Inerte	26,4
Clase de uso	Insecticida microbiológico	
Forma de presentación	Polvo mojable	
Indicación de uso		
Objetivo: <i>Anticarsia gemmatalis</i> (isoca de la soja - oruga de las leguminosas)		
Cultivos: En todos los cultivos con ocurrencia del objetivo biológico. Eficiencia agronómica comprobada para el cultivo de la soja. Dosis recomendada de 20 g del producto por hectárea (correspondiendo a un mínimo de 1,4 x 10 ¹¹ cuerpos poliédricos de inclusión del virus). Para cada hectárea de cultivo la dosis recomendada debe ser diluida en agua y aplicada por pulverización con cualquier tipo de equipamiento terrestre (tractorizado o manual). Para ello, disolver el producto en un balde con agua y enseguida colocar en el tanque del pulverizador, colocar nuevamente agua en el balde para hacer el lavado y colocar ese agua en el pulverizador. En aplicaciones terrestres usar entre 120 y 170 litros de caldo por hectárea. Para obtener mejor eficiencia, dar preferencia para aplicación luego de las 16 horas y procurar cubrir toda la planta. La aplicación debe ser hecha aún para larvas pequeñas (menores de 1,5 cm). Cuando fueran encontradas 20 isocas por metro lineal de soja o 40 isocas por golpe de red (10 grandes + 30 pequeñas). Reaplicar en caso de reinfestación.		

Tabla 12. Especificaciones de referencia de productos fitosanitarios con uso aprobado para agricultura orgánica, presentando las características y los patrones de concentración establecidos por el Gobierno para productos basados en *Metarhizium anisopliae*, aislamiento IBCB 425, según instrucción normativa conjunta SDA/SDC n° 03 de 11 de mayo de 2012.

Agente microbiológico de control	<i>Metarhizium anisopliae</i> , aislamiento IBCB 425	
Clasificación Taxonómica	Super-reino	Eukaryota
	Reino	Fungi
	Sub Reino	Dikarya
	División	Ascomycota
	Subdivisión	Pezizomycotina
	Clase	Sordariomycetes
	Subclase	Hypocreomycetidae
	Orden	Hypocreales
	Familia	Clavicipitacea
	Género	<i>Metarhizium</i>
	Especie	<i>Metarhizium anisopliae</i>
Composición		
Descripción	Función	Concentración
Esporas del hongo <i>Metarhizium anisopliae</i> , aislamiento IBCB 425*	Ingrediente activo	5 x 10 ⁸ a 2 x 10 ¹² esporas viables del hongo por gramo de producto formulado
Partículas de arroz (esterilizado)	Sustrato de crecimiento/vehículo	-----
Clase de uso	Insecticida microbiológico	
Tipo de Formulación	Polvo mojable o granulado	
Indicación de uso		
Objetivo biológico 1: <i>Mahanarva fimbriolata</i> (cigarrita de la raíz)		
Cultivos: En todos los cultivos con ocurrencia del objetivo biológico. Eficiencia agronómica comprobada para el cultivo de caña de azúcar. Monitorear la presencia de ninfas en el campo luego de las primeras lluvias. Iniciar la aplicación luego de detectar la plaga (espumas con ninfas en la base de los macollos). Dosis de aplicación de 1 x 10 ¹² conidios/ha. Realizar dos aplicaciones por ciclo de cultivo.		
Objetivo biológico 2: <i>Zulia entreriana</i> (cigarrita de las pasturas)		
Cultivos: En todos los cultivos con ocurrencia del objetivo biológico. Eficiencia agronómica comprobada en pasturas. Monitorear la presencia de ninfas en el campo luego de las primeras lluvias. Iniciar a aplicación luego de detectar la plaga (espumas con ninfas en la base de los macollos). Dosis de aplicación de 1 x 10 ¹² conidios/ha. Realizar dos aplicaciones por año.		

* Identificación de la colección de depósito del agente microbiológico: IBCB - Instituto Biológico (Campinas - SP)

la responsabilidad de garantizar su simplificación y agilización estableciendo procedimientos técnicos en actos complementarios, en conjunto con los demás órganos federales involucrados en la evaluación y registro de esos productos, ANVISA e IBAMA.

Aún así, solamente con la publicación del Decreto n° 6.913/09 (Brasil 2009) la conexión de la ley de orgánicos con la ley de agrotóxicos y afines se ha entendido mejor, ya que este Decreto, sumó a las disposiciones del Decreto 4.074/02 (Brasil 2002), que reglamenta la ley de agrotóxicos y afines, definiciones importantes como la de producto fitosanitario para uso en la agricultura orgánica y también la definición de especificación de referencia, como especificaciones y garantías mínimas que los productos fitosanitarios con uso aprobado para la agricultura orgánica deberán seguir para la obtención del registro. El Decreto n° 6.913/09 detalló además, los procedimientos a ser seguidos para el registro de

Tabla 13. Especificaciones de referencia de productos fitosanitarios con uso aprobado para agricultura orgánica, presentando las características y los patrones de concentración establecidos por el Gobierno para productos basados en *Trichoderma stromaticum*, aislamiento CEPLAC 3550, según instrucción normativa conjunta SDA/SDC n° 03 de 11 de mayo de 2012.

Agente microbiológico de control	<i>Trichoderma stromaticum</i> , aislamiento CEPLAC 3550	
Clasificación Taxonómica	Reino	Fungi
	División	Ascomycota
	Clase	Sordariomycetes
	Orden	Hypocreales
	Familia	Hypocreaceae
	Género	<i>Trichoderma</i>
	Especie	<i>Trichoderma stromaticum</i>
Composición		
Descripción	Función	Concentración
Conidios de <i>Trichoderma stromaticum</i> , aislamiento CEPLAC 3550*	Ingrediente activo	2,3 x 10 ⁸ conidios viables del hongo por gramo del producto formulado
Grano de arroz (esterilizado)	Sustrato de crecimiento/vehículo	-----
Clase de uso	Fungicida microbiológico	
Tipo de Formulación	Polvo mojable (WP)	
Indicación de uso		
Objetivo biológico: <i>Moniliophthora perniciosa</i> (escoba de brujas del cacao)		
Cultivos: En todos los cultivos con ocurrencia del objetivo biológico. Eficiencia agronómica comprobada para el cultivo de cacao. Dosis de aplicación: 2 kg de producto/ha, conteniendo 2,3 x 10 ⁸ conidios por gramo de producto formulado o 320 litros de caldo por ha, conteniendo 1,4 x 10 ⁶ conidios por ml de caldo. Realizar cuatro aplicaciones anuales en el período de mayo a agosto.		

* Identificación de la colección de depósito del agente microbiológico: Laboratório de Biocontrol da Sección de Fitopatologia do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC/CEPLAC).

esos productos, que para ser incluidos en esta categoría, deben de aguardar a que se establezca su especificación de referencia.

En este contexto, hasta fin de 2012, fueron publicadas 11 (once) especificaciones de referencia, presentando las características y normas de concentración establecidas por el Gobierno para cada uno de esos productos que estarían liberados para tramitar el registro como producto fitosanitario con uso aprobado para la agricultura orgánica, teniendo garantizado un proceso simplificado así como la prioridad y agilidad del análisis de los trámites en cada uno de los órganos federales reguladores, MAPA, ANVISA y IBAMA. En las Tablas 10 - 13 son presentados ejemplos de las especificaciones de referencia, considerando un agente de biocontrol de enfermedades, un entomopatógeno, un virus y un macroorganismo.

Los productos que forman parte de la lista positiva de las especificaciones de referencia publicadas hasta el momento por el Gobierno son: 1- Instrucción Normativa Conjunta SDA/SDC n° 02/11 (Brasil 2011): *Cotesia flavipes*, *Trichogramma galloi*; *Neoseiulus californicus*; 2 - Instrucción Normativa Conjunta SDA/SDC n° 02/12 (Brasil, 2012a): Baculovirus *Anticarsia gemmatalis* y Baculovirus *Condylorrhiza vestigialis*; 3- Instrucción Normativa Conjunta SDA/SDC n° 03/12 (Brasil 2012b): *Metarhizium anisopliae* aislado IBCB 425, *Trichoderma stromaticum* aislado CEPLAC 3550, *Beauveria bassiana* IBCB 66 y *Phytoseiulus macropilis*; 4- Instrucción Normativa Conjunta SDA/SDC n° 2/13 (Brasil 2013): esta legislación contempla todas las especificaciones de referencia publicadas en las normas anteriores, además de incluir nuevas especificaciones para *Trichogramma pretiosum* y *Paecilomyces lilacinus* UEL Pae 10.

Otros avances importantes se refieren al contenido de las informaciones obligatorias a colocar en el prospecto y etiqueta de los productos considerados de baja toxicidad y peligrosidad, así como el uso de pictogramas tales como calavera entre otros símbolos que a lo largo de esta evolución, también fueron entendidos por el Gobierno como inadecuados. En este sentido, aquellos productos registrados como productos fitosanitarios con uso aprobado en la agricultura orgánica, se les asignó el uso de colores de advertencia en las bandas de prospectos y etiquetas, que indican la clase toxicológica a la que pertenecen, como ocurre con los agrotóxicos convencionales. Del mismo modo, los productos semioquímicos y agentes biológicos de control, a saber, predadores, parasitoides y nematodos, quedan eximidos de incluir la calavera con los huesos cruzados en sus prospectos y etiquetas por tratarse de productos que poseen baja toxicidad y peligrosidad y baja exposición al aplicador (Brasil Ato. CGA/SDA/MAPA 2010, Brasil Ato. CGA/SDA/MAPA 2011).

El avance de la legislación brasileña en lo que atañe a la reglamentación del registro de productos diferenciados de los agrotóxicos convencionales apunta a traer a la legalidad productos que forman parte de alternativas sustentables para el control de plagas en la agricultura brasileña. Aún así, el encuadramiento de los productos considerados de baja toxicidad y peligrosidad como los productos microbiológicos, los productos semioquímicos y los agentes biológicos de control, además de tantos otros, en la definición de agrotóxicos y afines, presentó dificultades para su registro, debido a los requisitos técnicos, muchas veces complejos, que deben ser cumplidos, como también por los costos relacionados

con la obtención de toda esa información. Las numerosas innovaciones implementadas por el Gobierno con la publicación de las normativas vigentes enfrentan aún dificultades debido al pequeño número de técnicos especializados, volcados al trabajo de análisis de esos productos diferenciados comparado con aquellos que trabajan con los agrotóxicos convencionales, dentro de los Órganos Federales, comprometiendo así la agilidad de los trámites.

Es imprescindible recordar que el registro de los productos agrotóxicos y afines es una condición obligatoria, pero no suficiente, para toda actividad específica que utilice esos productos en Brasil. Para poder usufructuar los derechos adquiridos por el Certificado de Registro, un titular de registro no debe olvidarse de conocer todas las eventuales normas legales que rigen al sector.

Marcos históricos de control biológico de insectos plaga y malezas

Como fue mencionado, la preocupación por el uso excesivo de agrotóxicos catalizó la adopción del biocontrol de plagas en la agricultura. De los tres grupos de plagas - malezas, insectos plaga y patógenos - la investigación relacionada al biocontrol de malezas es más reciente en Brasil. Como en otros países, nuestra investigación en biocontrol de malezas, involucra dos enfoques: clásico o inoculativo - introducción de enemigos naturales obtenidos del centro de origen de la planta en áreas donde la misma, libre de los enemigos naturales se tornó invasora de ecosistemas naturales o manejados; o la inundativa o bioherbicida - uso de enemigos naturales, usualmente patógenos, que pueden encontrarse donde la maleza está presente, sin embargo sin controlarla eficientemente, y que son producidos en masa y aplicados como bioherbicidas. Los trabajos pioneros en Brasil, que involucran el desarrollo de un bioherbicida para control del lecherón (*Euphorbia heterophylla*), se iniciaron en el comienzo de la década de 1980 por investigadores de la Embrapa Soja (Tessman 2011). En los años 1990, investigadores de la Universidade Federal do Paraná (UFPR), Universidade Federal de Viçosa (UFV) y Universidade Estadual Paulista (UNESP - Jaboticabal) iniciaron estudios para el control de plantas nativas de Brasil que se tornaron malezas en los EUA (Florida y Hawaii), Australia y Nueva Zelanda. En esos trabajos, se adoptó el abordaje clásico con la búsqueda, estudio y exportación de agentes para el biocontrol. Aún no hay ejemplos de introducción de enemigos naturales en Brasil para controlar malezas, a pesar de los graves problemas derivados de la invasión de ecosistemas naturales y agrícolas, pero hay varios trabajos en curso con resultados promisorios para el desarrollo de bioherbicidas. Para conocer la historia y evaluación del estado de las actividades de los grupos de investigación en el biocontrol de invasoras en Brasil y en el resto de América Latina, así como el potencial y desafíos del área, consulte Barreto (2008, 2009) y Barreto *et al.* (2012). A pesar de la inexistencia de productos biológicos en el mercado brasileño para el control de malezas, la necesidad de la agricultura es muy grande, pues el uso de herbicidas es el más intenso en el país y no existen alternativas económicamente viables en este momento.

En Brasil, comparativamente al biocontrol de los demás problemas fitosanitarios, los programas relacionados a insectos plaga fue implementado primeramente y presenta mayor número de casos exitosos y de adopción por productores. Esos programas se iniciaron con la importación de enemigos naturales: en 1888, se introdujo *Rodolia cardinalis* para el control de la cochinilla acanalada (*Icerya purchasi*) en cítricos; en 1921, se introdujo *Prospaltella berlesei* de los EUA, para controlar la cochinilla blanca del duraznero (*Pseudaulacaspis pentagona*). En 1950, el Prof. Domingos Gallo (ESALQ/USP) logró el control del barrenador de la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis*) con taquínidos nativos (*Lydella minense* y *Paratheresia claripalpis*). En 1962, tuvo lugar el primer Simpósio Brasileño de Controle Biológico de Pragas, en el Instituto de Ecologia e Experimentação Agrícola en Rio de Janeiro – ENA, RJ. Un aspecto importante fue la publicación en 1967 y 1968 del Quarto Catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil: seus parasitos e predadores (Parte 1 y Parte 2), por Lima y Silva (1968), Ministério da Agricultura, Serviço de Defesa Fitossanitária Vegetal. En 1969, en el Nordeste, se inició el control de la cigarrita (*Mahanarva posticata*) de la caña de azúcar con el hongo *Metarhizium anisopliae*, considerado uno de los programas más exitosos de biocontrol en la América Latina (Loureiro *et al.* 2012). En la década de 1970, ocurrieron las importaciones de *Cotesia flavipes*, de Trinidad-Tobago, para controlar el barrenador de la caña de azúcar en 1971, y de otros parasitoides, también en 1971, para controlar plagas forestales por los Profs. Domingos Gallo, Roger Williams y Evôneo Berti Filho. Otro hecho importante, ocurrió en 1973 con la creación de la primera disciplina de Control biológico de plagas en un curso de posgrado en entomología, dictada por el Prof. Domingos Gallo y a partir de 1975 por el Prof. Evôneo Berti Filho. También en relación con la educación, se dictó en 1974 el primer curso de patología de insectos por el Dr. Nelson Suplicy Filho, en el Instituto Biológico de São Paulo. En esa época, más precisamente en 1979, fue iniciado, por el Dr. Flávio Moscardi, Embrapa Soja, el programa de control de la isoca de la soja (*Anticarsia gemmatalis*) con *Baculovirus anticarsia*, que fue aplicado en más de 2 millones de ha. En la década de 1980, comenzó en Minas Gerais el programa de control de plagas forestales con *Trichogramma* spp. Esa década se caracterizó también por el lanzamiento en 1986 del primer libro sobre Controle microbiano de insectos, organizado por el Dr. Sérgio Batista Alves; y por la organización en 1987 del Primeiro Simpósio Brasileño de Controle Biológico-Siconbiol, que ya se encuentra en su XIV edición. En los años 1990, comenzó en la región de Fraiburgo, SC, el programa de control del ácaro rojo de la manzana (*Panonychus ulmi*) con ácaros predadores (*Neoseiulus californicus*). Y, en 1992, coordinado por el Dr. Gilberto Moraes, se creó el Laboratório de Quarentena “Costa Lima” en la Embrapa Meio Ambiente, responsable por la introducción de agentes de biocontrol en el país. Un hecho importante para el área fue el lanzamiento, en 2005, de la Revista electrónica “Bioassay” para abrir espacio para investigaciones con agentes de biocontrol.

En 2008, se registró el primer producto comercial en base a *Metarhizium anisopliae* para control de insectos, a pesar de la existencia de más de 25 marcas comerciales de bioproductos para controlar plagas basados en ese hongo. En relación con ese bioagente, ocurrió un hecho importante en 2013, pues se publicaron especificaciones de referencia de productos fitosanitarios con

uso aprobado para agricultura orgánica, presentando las características y los patrones de concentración establecidos por el gobierno para productos basados en *Metarhizium anisopliae*, aislamiento IBCB 425, según instrucción normativa conjunta SDA/SDC n° 03 de 11 de mayo de 2012. En 2010, hubo un registro de *Cotesia flavipes* y *Trichogramma galloi* para control del barrenador de la caña de azúcar. En 2013, con la publicación de las especificaciones de referencia también para *Cotesia*, hasta el momento existen más de 10 productos registrados basados en ese macrorganismo, junto con el MAPA, para uso en agricultura orgánica. En 2011, el área de caña de azúcar tratada con *Cotesia flavipes* fue superior a 3 millones de ha y la tratada con *Metarhizium anisopliae*, superior a 2 millones de ha. Había, también, más de 500.000 ha de maíz, tomate y caña de azúcar tratados con *Trichogramma* spp.

En vista de la demanda, en 2012 se simplificó la legislación para registro de macroorganismos para biocontrol de plagas, y actualmente la mayoría de los agentes de biocontrol registrados se destina al control de plagas. Actualmente, los organismos registrados incluyen: *Baculovirus anticarsia* y *Condylorrhiza vestigialis Nucleopolyhedrovirus* (virus); *Bacillus thuringiensis* (bacteria); *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* (hongos); *Steinernema puertoricense* (nematodo); *Ceratitidis capitata* (macho estéril); *Cotesia flavipes* y *Trichogramma galloi* (parasitoides); y *Neoseiulus californicus*. Las especies más comercializadas son *Cotesia flavipes* y *Trichogramma galloi* para el control del barrenador de la caña de azúcar; *Metarhizium anisopliae* para el control de cigarritas de la caña de azúcar; y *Bacillus thuringiensis* para control de orugas. Hay otras especies comercializadas, pero sin registro, como los hongos *Isaria* sp., *Lecanicillium lecanii* y *Lecanicillium longisporum* y los ácaros *Orius insidiosus* y *Podisus nigrispinus* (Bettiol 2011). La demanda de esos organismos, registrados o no, está aumentando a lo largo de los años, lo que también viene ocurriendo con los agentes de biocontrol de fitopatógenos, discutidos en el resto de este capítulo.

Marcos históricos del control biológico de enfermedades de plantas en Brasil

La historia del control biológico de enfermedades en Brasil es relativamente reciente y, en varios aspectos, difiere de la del control biológico de plagas. Por ejemplo, en el inicio del biocontrol de plagas, se priorizó la introducción de enemigos naturales, en el biocontrol de enfermedades en Brasil, no se priorizó la introducción de antagonistas de fitopatógenos. De este modo, inicialmente, la tecnología y los antagonistas aquí usados son originarios de Brasil. Más recientemente, en 2012, hubieron registros en el país de los productos Serenade y Sonata, basados en *Bacillus subtilis* y *Bacillus pumilus*, respectivamente, oriundos de los EUA.

El biocontrol de enfermedades de plantas en Brasil ha sido realizado principalmente por investigadores de instituciones públicas que han trabajado con recursos públicos, en un principio escasos, siendo los actores principales de los hechos que se relatan resumidamente de aquí en adelante. Tales hechos

fueron divulgados y sirvieron de base para proporcionar una breve historia del biocontrol de los principales grupos de fitopatógenos y para resumir el estado del arte del uso de tecnologías/productos en Brasil. A nuestro entender, los principales hechos que retratan la evolución del biocontrol en Brasil fueron:

- ▶ 1950 - Publicación del primer artículo sobre el tema: "Inactivación del virus del mosaico común del tabaco por el filtrado de cultivos de *Trichoderma* sp. (Foster 1950)" por Reinaldo Foster, entonces investigador del Instituto Agronômico de Campinas (IAC), SP;
- ▶ 1959 - Inicio del programa de pre-inmunización o protección cruzada de plantas cítricas con cepas débiles de la tristeza de los citrus para control de la virosis, desarrollado por Gerd W. Müller y Álvaro Santos Costa, de IAC, Campinas, SP (Muller y Costa 1991).
- ▶ 1983 - Inicio, en el Instituto Biológico de São Paulo, de estudios de inducción de resistencia contra la roya del cafeto por la Dr. Walkiria BC Moraes, publicando el artículo: Martins EMF, Beretta MJG, Roveratti DS, Moraes WBC. Comparative induced protection to *Hemileia vastatrix* in coffee plants by non-specific inducers from different fungal and bacterial origin; y formando un gran equipo en el tema;
- ▶ 1985 - Inicio de los estudios orientados al control biológico de la escoba de brujas del cacao por Cleber Bastos, CEPLAC, Belém, PA;
- ▶ 1986 - Realización de la 1ª Reunião Brasileira sobre Controle Biológico de Doenças de Plantas, en Piracicaba, SP, coordinada por Itamar Soares de Melo, de Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP. Las reuniones se continuaron realizando cada dos o 3 años y en el año 2013 se realizó la 13ª reunión. Inicio de los estudios orientados al control biológico del mal de las hojas de la planta de caucho, por Nilton Vilela Junqueira, de la Embrapa Seringueira e Dendê, Manaus, AM (Junqueira y Gasparotto 1991);
- ▶ 1987 - Disponibilidad del primer bioproducto comercial, basado en *Trichoderma viride*, para el control de *Phytophthora cactorum* en manzano, desarrollado por la Dra. Rosa Maria Valdebenito-Sanhueza, de la Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS;
- ▶ 1990 - Inicio del uso del bioproducto basado en *Acremonium persicinum* para el control de la *lixa do coqueiro*, desarrollado por Shinobu Sudo, da Souza Cruz; inicio de los estudios con control biológico de nematodos fitopatógenos por Silamar Ferraz, en la Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- ▶ 1991 - Publicación del primer libro titulado "Controle Biológico de Doenças de Plantas", editado por Wagner Bettiol y publicado por el Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura, de la Embrapa, Jaguariúna, SP (Bettiol 1991);
- ▶ 1992 - Realización de la primera sesión exclusiva de presentación oral de trabajos sobre control biológico de enfermedades de plantas en el XXV Congresso Brasileiro de Fitopatologia (XXV), realizado en Gramado, RS, y organizado por Wilmar Corio da Luz;
- ▶ 1992 - Creación de la primera disciplina sobre biocontrol, "Controle

- biológico de enfermedades de plantas”, en el curso de posgrado en Protección de Plantas, en la UNESP/Botucatu, por Wagner Bettiol, de la Embrapa Meio Ambiente;
- ▶ 1993 - Incubación de la primera empresa (Bioagro Alan Ltda.), especializada en la producción y comercialización de *Trichoderma* sp., por Anduir Lenhardt, en el Departamento de Fitossanidade, UFRGS, Porto Alegre, RS;
 - ▶ 1995 - Emisión del primer registro especial temporario (RET) para fungicida biológico basado en *Bacillus subtilis*, cepa AP-3, para el producto desarrollado en conjunto por la Embrapa Meio Ambiente (Wagner Bettiol) y Turfal (Rubens C Buchmann Junior), Quatro Barras, PR;
 - ▶ 1997 - Publicación por el IBAMA de la ordenanza 131 de 03/11/1997, estableciendo los criterios y procedimientos para registro y evaluación ambiental de agentes microbianos empleados en la defensa fitosanitaria; inicio de los estudios con *Clonostachys rosea* para el control biológico de *Botrytis cinerea* por Luiz Antonio Maffia en la Universidade Federal de Viçosa y Rosa Maria Valdebenito Sanhueza en la Embrapa Uva e Vinho, siendo, en ambos los investigadores locales, con colaboración de Dr. John Sutton, de Guelph University;
 - ▶ 2000 - Producción de Tricovab® basado en *Trichoderma stromaticum* para el control de la escoba de brujas del cacao por el CEPEC/CEPLAC en Ilhéus, BA y actualmente registrado para Agricultura Orgánica por el MAPA;
 - ▶ 2002 - Realización de la Primera Reunión Brasileira sobre inducción de resistencia de plantas a patógenos (ya ocurrieron seis hasta 2012), ideada por los Profesores Sérgio Florentino Pascholatti, Mário Lúcio Vilela Rezende, Reginaldo da Silva Romeiro y Fabrício A. Rodrigues y coordinada por Sérgio F. Pascholatti de la ESALQ, Piracicaba, SP, en São Pedro, SP;
 - ▶ 2007 - Creación de la Associação Brasileira das Empresas de Controle Biológico (ABCBio), durante la IX Reunión Brasileira sobre control biológico de enfermedades de plantas, en Campinas, SP;
 - ▶ 2008 - Registro de Trichodermil®, el primer biofungicida comercial conteniendo *Trichoderma harzianum*, para control de *Rhizoctonia solani* y *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* del poroto, por Itaforte Bioproductos Ltda.;
 - ▶ 2010 - Creación, en la Esalq/USP, de la Red Brasileira de inducción de resistencia en plantas contra fitopatógenos - REBIRFito (<http://www.rbirfrito.bio.br>); más de 1 millón de ha tratadas con *Trichoderma* para el control de patógenos habitantes del suelo;
 - ▶ 2011- Creación de la primera disciplina de control biológico de enfermedades de plantas en un curso de Ingeniería Agronómica, en la Universidad Federal de Lavras, Lavras, MG.
 - ▶ 2012- total de nueve productos para control biológico de enfermedades registrados en el MAPA.

Se discutirán algunos ejemplos que se consideran relevantes, principalmente por el hecho de la adopción por el sector productivo. Antes de ello y para que sirva de registro histórico, vale la pena mencionar los libros relacionados al biocontrol de enfermedades que han sido editados en Brasil. Hasta 1991, había registrado un libro: "Controle biológico de doenças de plantas". A partir de los años 2000, con la acumulación de conocimiento y de experiencias exitosas, se editaron varias otras obras (Tabla 3). A pesar de que algunas de las

Tabla 1. Libros relacionados al biocontrol de enfermedades de plantas, editados en Brasil hasta 2012.

Año	Título	Autor(es) / Editor(es)	Editorial, Localidad
1991	Controle biológico de doenças de plantas	Bettiol W	Embrapa, Jaguariúna
1995	Métodos de Seleção de Microrganismos Antagônicos a Fitopatógenos. Manual Técnico	Melo IS; Sanhueza RMV	Embrapa, Jaguariúna
2000	Controle biológico (3 volúmenes)	Melo IS; Azevedo JL	Embrapa, Jaguariúna
2003	Métodos alternativos de controle fitossanitário	Campanhola C; Bettiol W	Embrapa, Jaguariúna
2004	Manejo ecológico de doenças de plantas	Stadnik MJ; Talamini V	UFSC, Florianópolis
2005	Controle alternativo de pragas e doenças	Venzon M; Paula Júnior TJ; Pallini, A	EPAMIG, Viçosa
2007	Métodos usados no biocontrole de fitopatógenos	Sanhueza RMV; Melo IS	Embrapa, Bento Gonçalves
2007	Controle biológico de doenças de plantas- Fundamentos	Romeiro RS	UFV, Viçosa
2007	Controle biológico de doenças de plantas- Procedimentos	Romeiro RS	UFV, Viçosa
2008	Métodos alternativos de controle de insetos-praga, doenças e plantas daninhas: panorama atual e perspectivas na agricultura	Poltronieri LS; Ishida AKN	Embrapa, Belém
2008	Controle microbiano de pragas na América Latina	Alves SB; Lopes RB	FEALQ, Piracicaba
2009	Biocontrole de doenças de plantas - uso e perspectivas	Bettiol W; Morandi MAB	Embrapa, Jaguariúna
2010	Manejo sustentável de fitone-matóides	Ferraz S; Freitas LG; Lopes EA; Dias-Arieira CA	UFV, Viçosa
2012	Produtos comerciais à base de agentes de biocontrol de doenças de plantas	Bettiol W; Morandi MAB; Pinto ZV; Paula Junior TJ; Correa EB; Moura AB; Lucon CMM; Costa JCB; Bezerra JL	Embrapa, Jaguariúna

obras citadas no versan sólo sobre el biocontrol de enfermedades, consideramos pertinente incluirlas.

Agentes de biocontrol desarrollados o disponibles en el mercado brasileño

En Brasil, varios productos biológicos están disponibles para su utilización, entre ellos pueden ser citados: cepas hipovirulentas de CTV para preinmunización o protección cruzada contra la tristeza de los cítricos, cepas hipovirulentas de PRSV-W para preinmunización contra el mosaico da calabacín, *Acremonium* sp., *Clonostachys rosea*, *Hansfordia pulvinata*, *Paecilomyces*, *Pochonia*, *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma stromaticum*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma* spp., *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus* y *Bacillus licheniformis* para el control de patógenos de suelo y sustrato y de la parte aérea. Detalles sobre esos y otros productos son discutidos por Bettiol (1996), Bettiol (2003), Bettiol *et al.* (2008), Bettiol y Morandi (2009) y Bettiol *et al.* (2012). De los agentes citados, algunos ejemplos serán discutidos a continuación, pero todos están presentados con informaciones detalladas en la Tabla 14 al final del capítulo.

Biocontrol de enfermedades causadas por hongos

Control de patógenos de suelo/sustrato y de la parte aérea con *Trichoderma* spp. De los 133 productos descritos como disponibles en el mercado mundial en base a agentes de biocontrol de enfermedades de plantas, el 43% lo está en base a *Trichoderma* spp. (Bettiol *et al.* 2008). En ese contexto, gran parte de las investigaciones sobre el biocontrol se destinan a la prospección y evaluación del potencial de esas especies para el manejo de enfermedades. En consecuencia, generalmente en las reuniones brasileñas relacionadas con el biocontrol de enfermedades de plantas, la mayoría de los trabajos presentados aborda el uso de *Trichoderma*. Varios investigadores fueron pioneros en la investigación con *Trichoderma* spp. en Brasil, habiéndose destacado Rosa María Valdebenito Sanhueza (Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, RS) e Itamar Soares de Melo (Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP).

En 1987, la Dra. Rosa M.V. Sanhueza lideró los trabajos que culminaron con el uso comercial del primer producto basado en *Trichoderma viride* para el control de la pudrición de raíces y cuello del manzano, causada por *Phytophthora cactorum* (Sanhueza 1991). El agente de biocontrol, aislado a partir de raíces de manzano con pudrición, fue seleccionado por su capacidad de colonizar el suelo y proteger las plántulas luego de la plantación. El hongo era multiplicado en granos de sorgo y acondicionado en bolsas plásticas con la dosis recomendada para cada hoyo de plantación de manzano (24 g). En 1989 y 1990, se produjeron en Embrapa más de 50.000 bolsas con el producto para su utilización en la Región Sur. Un hecho interesante fue el depósito, en el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial, de la patente

“Proceso de obtención de material activo de *Trichoderma* para colonización de suelo esterilizado con el objetivo del biocontrol de los hongos que causan la pudrición de raíces de plantas de manzano”, por Sanhueza en 1998.

La primera empresa privada especializada en la producción masiva y comercialización de *Trichoderma* en Brasil inició sus actividades en 1993, en el estado de Río Grande do Sul, con el nombre de Bioagro Alan Ltda. y fue incubada en el Departamento de Fitosanidad de la Facultad de Agronomía de la Universidad Federal de Río Grande do Sul. El responsable técnico fue el Ingeniero Agrónomo Anduir Lenhardt, quien concluyó su maestría con orientación del Prof. Valmir Duarte en 2000, con la disertación sobre “Control biológico de *Rhizoctonia solani* y *Sclerotinia sclerotiorum* por *Trichoderma* sp. en tabaco cultivado bajo sistema float”. El sector tabacalero, con la empresa Souza Cruz SA, también adoptó el control biológico del mal de los almácigos con *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*, en trabajos liderados por Shinobu Sudo y Elio Galina (Galina *et al.* 1998). El biocontrol del mal de los almácigos fue con el producto Trichobiol, en base a *Trichoderma harzianum*, desarrollado en Souza Cruz (Bettiol 2003). La empresa cultivaba el hongo en arroz cocido y esterilizado, contenido en bolsas plásticas. Luego de 30 días, secaba y envasaba el producto, que era distribuido gratuitamente al 50% de los productores de tabaco integrados de la empresa. El producto fue usado en los sistemas de producción de plántulas en vivero y en el sistema float. El control de la escoba de brujas del cacao con *Trichoderma stromaticum* (*Hypocrea stromatica*) resume la importancia del antagonista para el país. Se obtuvieron resultados promisorios con el hongo, antagonístico de *Moniliophthora perniciosa*, agente causal de la escoba de brujas, en la Región Norte por Bastos (1988/2000), quien aisló el hongo y lo evaluó posteriormente en Bahía (Costa 2003; Costa *et al.* 1998). El antagonista fue inicialmente identificado como *Trichoderma viride* (Bastos 1988) y fue reclasificado como una nueva especie, *Trichoderma stromaticum* (Samuels *et al.* 2000). Actualmente, el producto basado en este aislamiento está debidamente registrado en el MAPA como Tricovab. Para el control de la escoba de bruja se recomienda la remoción de los tejidos enfermos, la poda y adecuación de la copa, asociados al control biológico. Para ello, en ocasión de la poda fitosanitaria, se recomienda pulverizar Tricovab (2 kg/ha) o el antagonista (6×10^6 conidios/mL) inmediatamente luego de la poda, sobre la copa, las escobas secas y los restos del cultivo alrededor de la planta (Costa *et al.* 2009). En abril de 2008, Bettiol y Morandi (2009) caracterizaron el mercado de *Trichoderma* en Brasil, y concluyeron que el área tratada está aumentando significativamente. Por ejemplo, en 2008 el área tratada en el país era de 600.000 ha y en 2010 era superior a 1.200.000 ha, con un incremento de aproximadamente 100% en tres años. Un factor determinante del aumento de la demanda fue el aumento de los problemas con el moho blanco de la soja, causado por *Sclerotinia sclerotiorum* (Bettiol 2011). En 2009, había 13 empresas que comercializaban varias especies (*Trichoderma asperellum*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma stromaticum* y *Trichoderma viride*), usando la fermentación sólida en granos de arroz, mijo u otros cereales (Bettiol y Morandi 2009). El volumen de la producción giraba en torno a 550 t de granos/año. A modo de comparación, actualmente una empresa multiplica ese hongo en más de 3 t/día de granos. Los formulados disponibles

en el mercado incluían polvo mojable, gránulos dispersables en agua, suspensión concentrada, aceite emulsionable, granos colonizados y esporas secas. Los patógenos-objetivo incluían especies de *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Macrophomina*, *Sclerotinia*, *Sclerotium*, *Botrytis* y *Crinipellis*, en las producciones de poroto, soja, algodón, tabaco, frutilla, tomate, cebolla, ajo, plantas ornamentales y cacao. Algunos productos eran también recomendados para tratamientos de sustratos y de semillas. La vida de estante de los productos variaba de 30 a 180 días a temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C) y 180 a 360 días en heladera o cámara fría (4-6 °C). El costo medio de uso de los productos disponibles en el mercado, en el período de estudio, era de R\$90,00/ha/aplicación, variando de R\$20,00 a R\$300,00, dependiendo de la marca comercial, formulación, cultivo y patógeno objetivo. El costo medio para el control del moho blanco del poroto fue de R\$92,00/ha, mientras que el tratamiento con fungicidas era de R\$150,00/ha (Pomella 2008; Pomella y Ribeiro 2009). La importancia de *Trichoderma* en el mercado brasileño también fue discutida por Lorito *et al.* (2011), que consideran a Brasil como el mayor mercado mundial de consumo de productos en base a *Trichoderma*.

Control del moho gris con *Clonostachys rosea*. *Botrytis cinerea* infecta frutos, flores, tallos y hojas y causa el moho gris en diversos cultivos como frutilla, eucalipto, tomate y plantas ornamentales, principalmente en cultivo protegido. El control biológico del moho gris se realiza con *Clonostachys rosea* (teleomorfo: *Bionectria ochroleuca*). El nombre anterior del hongo, *Gliocladium roseum*, fue modificado para *Clonostachys rosea*, en función de características morfológicas, ecológicas y de análisis de secuencias de DNA (Schroers *et al.* 1999). El hongo se encuentra comúnmente como saprófito de suelo con distribución cosmopolita (Schroers 2001), sobre diferentes sustratos (Sutton *et al.* 1997). En medio de cultivo, *Clonostachys rosea* es fácilmente reconocido por su coloración levemente blanquecina, rosa o salmón (Sutton *et al.* 1997), que crece entre 5 y 30 °C, con óptimo en torno de 20 °C (Knudsen 1994). Una característica importante del bioagente es que no afecta a las abejas, que dispersan el hongo en el campo y depositan los conidios en las flores, campo de infección importante de *Botrytis cinerea*. Otro hecho que torna seguro el uso agrícola de *Clonostachys rosea* es su incapacidad de crecer a la temperatura corporal humana y no causar patologías dermatológicas y oculares en ratas y conejos (Sutton *et al.* 1997). En Brasil, los trabajos iniciales con *Clonostachys rosea* fueron con el aislamiento obtenido por Peng y Sutton (1991) en Canadá y cedido por el Dr. John C. Sutton, investigador canadiense y líder mundial en investigaciones con *Clonostachys rosea*. Aislamientos obtenidos en condiciones brasileñas, en trabajos coordinados por el Prof. Luiz A. Maffia, de la Universidad Federal de Viçosa, y la Dra. Rosa M. Valdebenito Sanhueza, de Embrapa Uva e Vinho, presentaron una eficiencia similar al aislamiento canadiense y deben transformarse en un producto comercial. El antagonista es multiplicado en granos de trigo, avena o arroz. El producto aplicado consiste básicamente en esporas o micelios secos del bioagente. En frutilla, la época adecuada para su aplicación es desde el inicio de la floración hasta la cosecha, en intervalos semanales. La concentración recomendada es de 10⁶ a 10⁷ conidios o UFC/mL en mezcla con dispersante adhesivo al 0,01%. La eficiencia del producto

es semejante a la de los fungicidas recomendados para el cultivo de frutilla, lo que permite suprimir el uso de fungicidas en los frutos para consumo. La técnica aún permanece restringida a áreas pequeñas y principalmente a productores de plantas ornamentales y de frutilla. Su producción está siendo realizada por algunas empresas, pero aún con mercado limitado, y con pocos productos en el mercado. Cota *et al.* (2008) demostraron que son promisorias las experiencias de utilización de *Clonostachys rosea* para el control del moho gris de la frutilla en las condiciones brasileñas. Se demostró también que el hongo puede promover el crecimiento de algunas especies vegetales.

Control de la lija del cocotero con *Acremonium persicinum*. La lija pequeña (*Phyllachora torrendiella*; sin. *Catacauma torrendiella*) y grande (*Sphaerodothis acrocomiae*; sin. *Cocostroma palmicola*) del cocotero sólo existen en Brasil, y todas las variedades e híbridos cultivados son susceptibles en diferente grado. Las lijas del cocotero ocurren en forma generalizada desde Pará a Río de Janeiro y su importancia aumenta cuando se asocian con el quemado de las hojas ocasionada por *Botryosphaeria cocogena*. El control biológico se realiza con el micoparásito *Acremonium persicinum*, aislado de estromas de lija del cocotero naturalmente parasitados (Sudo 1986). El bioagente puede ser producido masalmente en arroz y la disponibilidad en el mercado depende de la encomienda por el cliente a los laboratorios de las Empresas Estaduales de Investigación. Se recomienda la aplicación anual de 3 kg/ha (100 plantas) promedio del producto, por medio de pulverizaciones con equipos mecanizados, con una eficiencia superior al 65%. Se observó que, si el antagonista se instala en un área, no hay necesidad de reaplicaciones constantes. La eficiencia del biocontrol depende del momento de aplicación: cuando *Acremonium persicum* fue aplicado en concentración de 10^7 conidios/mL en período de lluvias y después de las 16:00, colonizó el 68% de los estromas del patógeno, pero no hubo éxito en el parasitismo de los estromas cuando se aplicó durante la mañana en período seco o lluvioso (Warwick 2001).

Biocontrol de enfermedades causadas por virus

Control de la tristeza de los citrus por medio de la preinmunización (protección cruzada) con estirpes débiles de Citrus Tristeza Virus (CTV). La tristeza de los citrus es causada por CTV, clostevirus limitado al floema. Los síntomas de la enfermedad varían con la cepa presente del virus y con el hospedante. La tristeza, que es el síntoma clásico, ocurre en combinaciones de cítricos con portainjertos de naranjo agrio y causó en el pasado la muerte de aproximadamente 10 millones de plantas en Brasil. Ese tipo de sintoma ya no ocurre en Brasil, ya que no se utiliza más el naranjo agrio como portainjerto. Sin embargo, pueden ocurrir pérdidas considerables por cepas de CTV que inducen los síntomas conocidos como acanaladuras, depresiones que se forman en el leño de las plantas. Las acanaladuras son acompañadas por atrofia de las plantas, follaje de tamaño reducido con clorosis semejante a la que ocurre en deficiencias nutricionales, principalmente de zinc o manganeso. El síntoma más grave es la producción de frutos pequeños, frecuentemente de conformación defectuosa

y sin valor comercial. La forma convencional de control del CTV es el uso de portainjertos tolerantes al virus, lo que permitió la ampliación de la citricultura brasileña, principalmente paulista, contribuyendo para que se torne la mayor del mundo. La adopción del portainjerto tolerante al CTV no permitió controlar las pérdidas derivadas de la infección por cepas inductoras de acanaladuras. En este caso, se adoptó el uso de la preinmunización con una estirpe poco virulenta del virus, que no causa síntomas severos y que protege de la estirpe agresiva. Las estirpes poco virulentas del CTV se encontraron en plantas que sobresalían en montes del cultivar que se deseaba preinmunizar. Actualmente, prácticamente todas las plantas de naranja 'Pêra' plantadas en Brasil, alrededor de 200 millones de árboles, provienen de material preinmunizado con cepas poco virulentas de CTV y están creciendo satisfactoriamente. Se multiplica el agente por medio de la perpetuación de plantas madres preinmunizadas. Normalmente, los agricultores adquieren las plantas ya preinmunizadas con cepas poco virulentas de CTV, sin costos adicionales: una vez preinmunizada, la planta se mantendrá por toda la vida. La eficiencia de la técnica gira en el entorno del 90%, y es evaluada periódicamente por los organismos de investigación (Costa y Müller 1980, Müller y Costa 1991).

Preinmunización de calabacín con estirpes débiles de *Papaya Ringspot Viirus Watermelon Strain (PRSV-W)* para control del mosaico. En Brasil, el mosaico causado por el virus del mosaico del mamón estirpe sandía (PRSV-W) es la virosis más común en plantaciones de abobrinhas de moita, "Menina Brasileira" y zapallo híbrido del tipo Tetsukabuto. Las pérdidas de la producción pueden alcanzar el 100%, especialmente cuando las plantas son infectadas en el inicio de su desarrollo. El biocontrol del mosaico en los dos tipos de calabazas es realizado por medio de la preinmunización con estirpes poco virulentas de PRSV-W. Para la preinmunización, se inocula la estirpe débil en las plántulas en estado de hoja cotiledonar. Para ello, se maceran hojas previamente inoculadas con la estirpe poco virulenta agregando un abrasivo y se inocula la suspensión a las plántulas. Los productores adquieren las plántulas preinmunizadas directamente de viveristas o realizan su propia preinmunización (Rezende y Müller 1995, Rezende y Pacheco 1998, Rezende *et al.* 1999, Dias y Rezende 2000). En la mayoría de las plantas que fueron preinmunizadas en el estado de hoja cotiledonar, no se observan síntomas de la enfermedad a campo durante los 60 a 70 días posteriores a la preinmunización. En estas plantas, la producción es superior a la de las no tratadas infectadas con el virus y la calidad de las frutas es semejante a la de las plantas sanas (Rezende y Müller 1995, Rezende y Pacheco 1998, Rezende *et al.* 1999, Dias y Rezende 2000). A pesar de la eficiencia en el control de la virosis, la preinmunización en calabacín no tuvo éxito comercial en razón de su mercado limitado.

Biocontrol de enfermedades causada por nematodos

Control de *Meloidogyne* spp. con *Pochonia chlamydosporia*. Este hongo, nativo de los suelos brasileños, es considerado como uno de los agentes más

promisorios de biocontrol de nematodos. En Brasil, fue encontrado por primera vez parasitando huevos de hembras de *Meloidogyne incognita* (Freire y Bridge 1985). En virtud de su variabilidad genética, el hongo demanda una criteriosa selección como agente de biocontrol, ya que la eficiencia en reducir las poblaciones de fitonematodos varía en función del aislamiento, de su capacidad de producir clamidosporas, de las condiciones edafoclimáticas, de la microbiota antagonista del suelo, del nematode objetivo y su hábito parasítico y de la planta hospedante (Stirling 1991). En diferentes experimentos, se observaron reducciones de hasta 85% en el número de huevos de *Meloidogyne javanica*, mediante la utilización de cuatro aislamientos de *Pochonia chlamydosporia* (Lopes *et al.* 2007). En Brasil, se encuentran dos productos basados en *Pochonia chlamydosporia* en fase de registro: Rizotec y Rizomax. Se testó el Rizomax como aditivo de sustrato para la producción de plántulas de lechuga: la aplicación de 18 g/l de sustrato en el almácigo ($4,8 \times 10^6$ clamidosporas/g de sustrato) redujo el número de huevos/g de raíz 57,4% al final del ciclo de la lechuga, luego del trasplante de las plántulas a suelo infestado con 3.000 huevos de *Meloidogyne javanica*/maceta. Entonces, el tratamiento de sustrato puede ser un nuevo método de aplicación del hongo y la bio-protección puede ser una herramienta adicional para el manejo de nematodos en la horti-fruticultura. El método se adecua a cultivos perennes, como el de café, guayaba, acerola, naranja, uva, banana etc, en los cuales no se puede remover el suelo debajo de las copas para no herir las raíces. Luego de distribuir 250 a 500 g/pie en la proyección de la copa, se debe cubrir el producto con una camada de materia orgánica (hojas secas del cultivo, cama de pollo o estiércol de corral maduro, humus de lombriz y otras). Con la aplicación de Rizomax, en la dosis de 75 g de producto húmedo/hoyo, en la forma de granos colonizados húmedos, asociado a humus de lombriz, en hoyos para la plantación de pepino en suelo altamente infestado con *Meloidogyne javanica*, se observó una reducción del 58% en el índice de agallas en las raíces, al final del ciclo del cultivo (Viggiano 2011).

Control de *Meloidogyne* spp. con *Pasteuria penetrans*. La bacteria fue descrita por Sayre y Starr (1985) infectando *Meloidogyne incognita*, pero otras especies de *Meloidogyne* también son parasitadas (Gowen y Ahmed 1990). Freitas *et al.* (2009) describen las características de *Pasteuria penetrans*, el proceso por el cual reduce la población de *Meloidogyne* y la eficiencia de la bacteria en diferentes condiciones edafoclimáticas. Uno de los aspectos aún limitantes es la multiplicación de la bacteria en larga escala. Un ejemplo de éxito en la inducción de supresividad de suelo por *Pasteuria penetrans* en Brasil es el del control de *Meloidogyne javanica* en jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*), planta medicinal brasileña de donde se extrae la pilocarpina, alcaloide usado en colirios para el tratamiento del glaucoma. El jaborandi se cultiva en plantaciones bajo pivotes centrales en el municipio de Barra do Corda, MA, donde se cosechan las hojas quincenalmente. Bajo condiciones de altas temperaturas, agua abundante durante todo el año y suelo con hasta 99% de arena y menos de 1% de materia orgánica, se registran altas poblaciones de *Meloidogyne javanica*. El nematodo causa agallas radiculares grandes, que determinan un menor desarrollo de las plantas y la reducción del tenor de pilocarpina en las hojas. Como el cultivo de la planta medicinal restringía el uso de nematicidas químicos y la gran extensión

de área con suelo arenoso inviabilizaba la introducción de materia orgánica (rápidamente ocurría la mineralización), se evaluó el efecto de la introducción de *Pasteuria penetrans*. En 1996, se multiplicó la bacteria en raíces de tomatillo infectadas por el nematodo, se trituro el sistema radicular, se preparó una suspensión acuosa y en 170 m² de un área con el patógeno en el campo bajo el pivote, se pulverizó la suspensión resultando en 10³ endosporas/g de suelo en los primeros 20 cm de profundidad. En evaluaciones entre 1999 y 2004, en el área total del pivote (102,4 ha), se observaron reducciones de 57 a 82% en el número de agallas y de 69 a 92% en el número de huevos. Se concluyó que hubo reproducción de *Pasteuria penetrans* y supresividad del suelo (Freitas *et al.* 2009). Para los autores, es importante considerar que la inducción de supresividad no es tan rápida como la obtenida con nematicidas y la aplicación de *Pasteuria penetrans* en otras áreas requiere más estudios.

Situación del control biológico de enfermedades de plantas en Brasil

A pesar de la creciente demanda de la sociedad por productos libres de residuos de agrotóxicos y con menores impactos sobre los recursos naturales, el uso de agentes de control biológico de enfermedades de plantas en Brasil es aún pequeño. La restricción en el uso se debe, principalmente, a factores relacionados con los agentes en sí, a las características de los agricultores, a la difusión del uso de los bioproductos y al conocimiento disponible. A continuación, se enumeran algunos de estos factores.

En cuanto a los agentes en sí, el factor de restricción más importante es la baja disponibilidad de productos comerciales para el biocontrol de enfermedades. Además, en vista de las exigencias para el registro de bioproductos, apenas una parte de los productos disponibles está debidamente registrada y presenta garantías de calidad y pureza. Así, la calidad de los productos disponibles no siempre es satisfactoria y el control no es el esperado. La deficiencia en el control también puede ser resultado de la poca estabilidad/viabilidad de los microorganismos que, en general, es baja en condiciones de almacenamiento y de campo. Comúnmente estos productos tienen corta vida de estante. Tales problemas pueden deberse al bajo nivel tecnológico de la producción en amplia escala de agentes de biocontrol en Brasil, pues, en general, la infraestructura de desarrollo de los productos de biocontrol es deficitaria. Por otro lado, la mayoría de los productos no es sometida a estudios rigurosos de pre-formulación, formulación, control de calidad y eficiencia en diversos patosistemas y condiciones climáticas. Uno de los factores que dificulta las inversiones en el desarrollo de bioproductos es la especificidad, característica común en varios productos de biocontrol: normalmente un agente de control biológico es eficiente para el control de una o pocas enfermedades, lo que torna prohibitivo el costo de desarrollo y registro. Vale mencionar que en Brasil, no existen incentivos tributarios para el desarrollo, producción y uso de agentes de biocontrol.

Debido a los altos costos mencionados, a menudo el precio del producto final es alto para los usuarios a los que se destina, los agricultores. Además del precio, otros factores relacionados con los agricultores restringen la adopción de bioproductos. Un hecho crucial se relaciona al paradigma actual de la producción agrícola: si una enfermedad ocasiona pérdidas, se aplica un fungicida químico el cual, independientemente de la región, controla la enfermedad. La sobredosificación, toxicidad, número excesivo de pulverizaciones, etc. son problemas para las próximas generaciones o para los consumidores. Existe otro aspecto relacionado con el nivel educacional: si se conoce como pesar, medir y operar la maquinaria agrícola, la tarea de pulverizar fungicidas se torna fácil. Y hacemos hincapié, los resultados esperados surgen rápidamente. En cuanto al uso de bioproductos, los agricultores tienen desconfianza, temor a riesgos y resistencia a los cambios de paradigmas. Se menciona que los agricultores – y a menudo los técnicos que los asisten – desconocen aspectos básicos del biocontrol. Adicionalmente, se considera que los resultados con los bioproductos en el campo no siempre son consistentes, por falta de calidad del producto o también por diferencias regionales de ambiente; comúnmente, la acción de los microorganismos es más lenta y “menos espectacular” que la de los fungicidas y para asegurar la eficiencia, los bioproductos demandan cuidados diferenciales de almacenamiento, manipulación y aplicación. Entonces, es común que los agricultores comprensiblemente, reaccionen escépticos y desconfiados en relación con los bioproductos. Prevaleciendo los paradigmas actuales, es difícil esperar que los agricultores cambien conceptos y adopten el biocontrol y que prefieran continuar con la cultura del uso de agrotóxicos. Por tanto, es grande la deficiencia de prácticas de difusión del uso del biocontrol.

En cuanto a la difusión, no existe promoción adecuada del control biológico, ni una legislación que fomente su utilización. En este contexto, no hay campañas dirigidas a agricultores y técnicos sobre el biocontrol de enfermedades de plantas y tampoco a consumidores sobre los problemas de salud y ambientales devenidos del uso intensivo de agrotóxico ni sobre las ventajas del biocontrol. El propio conocimiento de los técnicos es deficitario, pues en la currícula de la mayoría de las carreras de Ingeniería Agronómica y Forestal no existen disciplinas dedicadas a los principios, desarrollo y uso del biocontrol. Como resultado, los profesionales que actúan en la extensión rural carecen de conocimientos sobre la lucha biológica y métodos alternativos de control de enfermedades de plantas. Entonces, como fue mencionado, los agricultores y los técnicos no distinguen las diferencias fundamentales entre los controles químico y biológico. Como agravante, la asistencia técnica oficial está relativamente desestructurada, la industria química tiene un papel importante en la asistencia técnica y el conocimiento que se transmite a los agricultores privilegia la continuidad de la cultura del uso de agrotóxicos. Asimismo, el conocimiento disponible, relacionado al biocontrol en condiciones semitropicales y tropicales, aún es deficitario.

En cuanto al conocimiento, la investigación sobre el biocontrol ha estado aumentando, pero en nuestras condiciones, aún no se elucidaron las interacciones antagonistas-patógenos-plantas-ambiente. Faltan, también, estudios de impacto ambiental de los agentes de biocontrol, para ser adoptados de

forma segura y controlada. La carencia de estudios es el resultado de la existencia de pocas instituciones público-privadas de investigación dedicadas al control biológico, tanto en aspectos básicos como en el desarrollo de formulaciones de productos comerciales. Esto es resultado, también de la falta de programas específicos de financiamiento de proyectos destinados al desarrollo y producción de bioproductos en gran escala. Habiendo pocas instituciones y pocos programas específicos, existe una carencia de investigadores dedicados al biocontrol de enfermedades y aún entre los existentes, falta integración con investigadores de otras áreas, principalmente para actuar en forma multidisciplinaria en el desarrollo de bioproductos.

En vista de lo expuesto en este ítem, varios factores limitan la expansión más rápida del biocontrol en Brasil. Tales factores constituyen los principales desafíos al aumento de la adopción y al desarrollo de los biopesticidas en Brasil.

Desafíos para el desarrollo de biopesticidas en Brasil

Los desafíos están ligados a los cuatro factores presentados en el ítem anterior – agentes de biocontrol, características de los agricultores, difusión de uso de los bioproductos conocimiento disponible.

En cuanto a los **agentes de biocontrol**, se debe buscar: aumentar la disponibilidad de bioproductos comerciales y la calidad de estos productos; monitorear los productos en el mercado en relación al registro, calidad y pureza; aumentar el nivel tecnológico de la producción en gran escala y exigir análisis de pre-formulación, formulación, control de calidad y de eficiencia en diversas condiciones climáticas; aumentar incentivos tributarios para el desarrollo, producción y uso de agentes de biocontrol; realizar análisis real del mercado y productos que compiten con los bioagentes; adecuar la escala de producción y logística de la distribución de bioproductos; adecuar la política pública para el control biológico, por medio de incentivos fiscales y crediticios; adecuar las regulaciones para investigación, desarrollo y registro de biopesticidas y definir legislación que fomente su utilización.

En cuanto a las **características de los agricultores**, es necesario: poner a disposición bioproductos con precio real; diseñar campañas educativas destinadas a la concientización de los agricultores sobre las peculiaridades y cuidados de bioproductos; efectuar entrenamientos específicos a productores y técnicos en relación con la manipulación y aplicación de bioproductos; promover entrenamiento en relación con el uso e integración de los biopesticidas en los sistemas de cultivo, con énfasis en el manejo integrado (MI).

En cuanto a la **difusión de uso de los bioproductos** es importante: efectuar la promoción adecuada del biocontrol, con campañas dirigidas a agricultores y técnicos sobre el biocontrol de enfermedades de plantas; diseñar campañas específicas para consumidores sobre las ventajas del biocontrol; incluir en la currícula de las carreras de Ingeniería Agronómica y Forestal disciplinas específicas sobre el biocontrol; entrenar vendedores y agentes de asistencia técnica (oficial y privada) sobre el biocontrol y sus especificidades.

En cuanto al **conocimiento disponible**, se demanda: incrementar estudios básicos sobre la ecología de antagonistas y sus interacciones en el triángulo patógenos-hospederos-ambiente, efectuar estudios de impacto ambiental de los agentes de biocontrol, crear institutos que prioricen el MIP, apoyar proyectos dedicados al desarrollo de formulaciones de bioproductos comerciales, priorizando aquellos con equipos multidisciplinarios; invertir en concursos específicos para investigadores dedicados al biocontrol de enfermedades; ampliar el número de laboratorios de estudio y monitoreo de calidad de bioproductos; alterar la relación entre compañías privadas e instituciones públicas de investigación para el desarrollo de proyectos conjuntos, en los cuales se combinen los conocimientos de la industria en investigación y desarrollo y los conocimientos básicos/aplicados en microbiología, fitopatología y agronomía.

Consideraciones finales

Globalmente, viene ocurriendo un crecimiento rápido en el desarrollo, comercialización y uso de bioproductos. A pesar de existir tendencia de crecimiento en Brasil, la tasa de crecimiento es más lenta. Aquí, problemas educacionales-sociológicos-culturales dificultan la adopción/aceptación del control biológico de enfermedades de plantas, pues la generación actual de agentes del agronegocio brasileño se formó orientada para el desarrollo y uso de agrotóxicos. Adicionalmente, a menudo productores y técnicos (incluyendo los Ingenieros Agrónomos) no están suficientemente instrumentalizados/entrenados para introducir el control biológico en los sistemas agrícolas de producción. Además, el modelo agrícola brasileño también dificulta la implementación del control biológico, pues se basa en cultivos de pocas especies en grandes extensiones de terreno, casi únicamente cultivadas con granos. Modificar este modelo es utópico. Por tanto, se demanda mejorar las tecnologías de uso del biocontrol en las grandes extensiones y principalmente, desarrollar programas educacionales e informativos para los agentes agrícolas.

Otro aspecto fundamental para ampliar el uso del biocontrol de enfermedades de plantas consiste en aumentar el incentivo al manejo integrado de plantas (MIP), el cual ha sido relegado a un segundo plano en la agricultura brasileña. En este aspecto, se demanda generar más conocimiento en cuanto a las diferentes estrategias de MIP aplicadas a los diferentes cultivos. Nuevamente resultan fundamentales campañas educativas destinadas a revendedores, técnicos y productores.

La disponibilidad de productos para los agricultores constituye un factor crucial para la expansión del biocontrol. Esta necesidad será cubierta parcialmente con la entrada en el mercado de los biopesticidas de grandes empresas del sector de agroquímicos. A pesar de que las instituciones de enseñanza e investigación se están adecuando para participar activamente de esta nueva realidad de nuestra agricultura, aún requieren un mayor aporte de recursos públicos y privados. Habrá un mayor aporte si el público consumidor demanda más productos obtenidos de forma alternativa a los paradigmas de la agricultura post revolución verde. Una de las formas de

Tabla 14. Principales productos biológicos en base a microorganismos para el control de enfermedades de plantas y de nematodos comercializados en Brasil.

Nombre comercial	Principio activo, formulación y vida en estante (VE)	Enfermedad y/o patógeno no registrado	Modo de acción	Características del bioagente	Método de aplicación	Empresa Productora, Registro e comercialización
Hongo - <i>Aspergillus</i>						
Afla-guard®	<i>Aspergillus flavus</i> 21882 o NPRL 45. La formulación es granular, concentración de 1 a 2,7x10 ¹⁰ esporas/g (EPA, 2009). VE no encontrada.	Recomendado para el control de <i>Aspergillus flavus</i> en maní.	Actúa por competencia por espacio y nutrientes con aislamientos productores de aflatoxina.	Las cepas no producen aflatoxina y fueron aisladas de semillas de maní en Georgia, EUA.	La aplicación del bio-producto se realiza en el suelo una vez por estación de cultivo, en el período de 40 a 80 días luego de la implantación del cultivo de maní.	Circo One Global, One Arthur St., Shellman, GA, 39886, EUA (EPA, 2009). Site: http://www.circooneglobal.com/ . É registrado no MAPA.
Hongo - <i>Clonostachys rosea</i>						
Clonosnat®	<i>Clonostachys rosea</i> . Formulación en polvo mojable. Acompaña aditivo basado en extractos vegetales. EP no encontrada.	<i>Botrytis cinerea</i> en varios cultivos.	Actúa inhibiendo la colonización de <i>Botrytis cinerea</i> en la planta y esporulación en rastrojos.	-	Aplicación por pulverización.	Natural Rural, Brasil. Site: http://www.naturalrural.com.br . No registrado.
Kamoi®	<i>Clonostachys rosea</i> . Formulación en polvo mojable conteniendo 10 ⁶ ufc/g.	<i>Botrytis</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp., <i>Sclerotinia</i> spp., <i>Sclerotium</i> sp. y <i>Cylindrocladum</i> spp.	Actúa por competición.	Hongo de amplia distribución en el ambiente.	Se recomienda aplicación de 2 a 3 kg/ha.	Agrivalle - Biotecnologia Agrícola. Pouso Alegre, MG. RET solicitado.
Hongo - <i>Hansfordia pulvinata</i>						
Hansfordia pulvinata	<i>Hansfordia pulvinata</i> .	<i>Microcycclus ulei</i> en caucho.				Prefeitura de São José do Rio Claro, MT (Brasil). Comercializado sobre pedido.

Tabla 14. Principales productos biológicos en base a microorganismos para el control de enfermedades de plantas y de nematodos comercializados en Brasil.

Hongo - <i>Paeciliomyces</i>						
Nemat	<i>Paecilomyces lilacinus</i> , Polvo mo- jable, con $7,5 \times 10^9$ UFC/g de pro- ducto comercial.	Control de <i>Meloidogyne</i> sp.	Afecta la capacidad de reproducción de los ne- matodos ya que parasi- tan los huevos o ataca a las hembras sedenta- rias.	Se encuentra na- turalmente en muchos suelos.	La aplicación por pul- verización con boquillas cónicas. Equivalente a 500 l/ha y una presión constante de 40 lb// pol ² .	Ballagro Ltda. Bom Jesus dos Perdões, SP. http://www.ballagro.com.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=117&Itemid=21
Nemateam	<i>Paecilomyces</i> sp. Formulación ba- sada en conidios de <i>Paecilomyces</i> sp.. VE no encon- trada.	Control de insectos y ne- matodos.	Actúa por contacto, penetrando la cutícula del nematodo o insecto y se reproduce dentro del mismo, causando la muerte del hospedante.	Es patógeno sobre insectos y nematodos, pero inofensivo para los vegetales, ani- males y seres hu- manos.		Bioteam Ind. e Com. Ltda. - Ribeirão Preto / SP. Site: http://www.bioteam.com.br . No registrado.
Paecilomyces JCO	<i>Paecilomyces lilacinus</i> . Polvo mo- jable, con validez de 30 días.	Nematodos en general, principalmente huevos.	Parasitismo y predaci- ón.	Presenta adapta- bilidad a diferen- tes tipos de suelo y condiciones climáticas, alta ca- pacidad de multi- plicación.	El producto se aplica por pulverización.	JCO Indústria e Comércio de Fertilizantes LTDA. Barrei- ras, BA. Site: http://www.jcofertilizantes.com.br/# En proceso de registro.
Hongo - <i>Pochonia</i>						
Rizotec	<i>Pochonia chlamydosporia</i> PC -10	Recomendado para el control de nematodos interno y ectoparasitos en varios cultivos.	Se alimenta de los hue- vos de nematodos y dis- ponibiliza nutrientes de la materia orgánica del suelo para la planta.	El agente fue desarrollado en el Instituto de Biología Aplicada a la Agricultura de la Universidad Fe- deral de Viçosa.	Se recomienda apli- car directamente en el suelo de 3-5 kg/ha. En cultivos perennes se re- comienda aplicar en la región de proyección de la raíz.	Rizoflora Biotecnologia. - Vi- çosa/MG. Site: http://www.centev.ufv.br/parque/interna.php?area=empreendimento&idioma=1&sis=3&escolha=2 . En proceso de registro en Brasil.

Tabla 14. Principales productos biológicos en base a microorganismos para el control de enfermedades de plantas y de nematodos comercializados en Brasil.

Hongo - <i>Trichoderma</i>						
Agrotich® y Agrotich Plus®	Mezcla de seis cepas de <i>Trichoderma</i> spp. Polvo mojable con 10 ⁹ conidios/mL. VE no fue encontrada.	Enfermedades causadas por <i>Sclerotinia</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Pythium</i> , <i>Phytophthora</i> , <i>Verticillium</i> , <i>Phomopsis</i> y <i>Roselinia</i> para los cultivos de papa, poto y tomate.	Parasitismo, antibiosis y competencia.		Aplicación en el sustrato (2 g/kg), en el tratamiento de semillas (250 g/ha) y en el suelo (2 a 10 kg/ha). El Agrotich Plus puede ser aplicado para el tratamiento de semillas (25 g/ha), a través de pulverización o en el Riego por goteo (0,4 a 1,0 kg/ha).	AgriLife Site: www.agri-life.com.br RET no Brasil (21000.011343/2008-35). http://www.agrosafra.agr.br/site/productos/biologicos/agrotich/index.htm
Biotrich®	Compuesto orgánico en base a un aislamiento de <i>Trichoderma viride</i> y tres de <i>Trichoderma harzianum</i> . Polvo mojable y Premium (10 ¹⁰ ufc/g).	Recomendado para el control de <i>Rhizoctonia</i> , <i>Phytophthora</i> , <i>Sclerotinia</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Verticillium</i> , <i>Pythium</i> , <i>Phomopsis</i> , <i>Roselinia</i> y <i>Plasmodiophora</i> en varios cultivos.	Actúa por antibiosis, parasitismo, competencia, inducción de resistencia y promoción de crecimiento.	Los aislamientos producen celulosa y hemicelulosa.	Aplicación por pulverización o riego. En cultivos irrigados se debe usar el agua como vehículo de aplicación, realizando la implantación de las plántulas en el período de la tarde.	Biovale Productos Agropecuarios Ltda. - Venâncio Aires - RS - Brasil. Site: http://www.biovale.com.br .
Ecotrich ES®	<i>Trichoderma harzianum</i> . Polvo mojable, con vida de estante de 12 meses. Concentración de (10 ¹⁰ ufc/g).	Control de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Actúa por parasitismo y competencia por nutrientes y espacio.		Se recomienda aplicar de 2 a 4 kg/ha o 200 g/100 kg de semilla.	Ballagro Agro Tecnología Ltda. Bom Jesus dos Perdões/SP. Site: http://www.ballagro.com.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=117&Itemid=21 . Registrado no MAPA.
ICB Nutrisolo SC y WP	<i>Trichoderma viride</i> , <i>T. harzianum</i> , <i>T. koningii</i> y <i>Trichoderma</i> sp. Polvo mojable con 10 ¹² UFC/g.	Recomendado para el control de patógenos del suelo (<i>Fusarium</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Pythium</i> , <i>Phytophthora</i> y <i>Sclerotinia</i>) afectando varios cultivos.	Antibiosis, competencia y parasitismo.		El producto debe ser aplicado en el suelo o sustrato en la concentración de 2 a 5 g/ha	ICB BIOAGRITEC Ltda, Porto Alegre-RS. Site: http://www.icbbioagritec.com/ . RET solicitado.

Tabla 14. Principales productos biológicos en base a microorganismos para el control de enfermedades de plantas y de nematodos comercializados en Brasil.

Quality WG	<i>Trichoderma asperellum</i> . Formulados en gránulos dispersables en agua (28% de <i>Trichoderma asperellum</i> ($1,5 \times 10^{10}$ ufc/g) y 72% de inerte). Almacenar el producto en heladera o temperatura por debajo de 28 °C.	Control de patógenos del suelo en soja, poroto y algodón.	Parasitismo, competencia y promoción de crecimiento.	El producto puede ser aplicado por tratamiento de semilla, siendo 75 g/10 kg de semilla de soja o poroto y 400g/100 kg de algodón. Aplicación de 100 kg/ha en el surco de plantación o posemergencia.	Laboratório de Biocontrol Farrroupilha Ltda. Patos de Minas/MG-Registrado no MAPA.
Trichodel®	<i>Trichoderma</i> spp. Formulaciones en polvo mojable y líquida (no oleosa) conteniendo 10^9 células viables/mL o g de los productos.	Control del moho gris (<i>Botrytis</i>), mildiu (<i>Plasmopara</i>), podredumbre de la corona (<i>Fusarium</i>), antracnosis (<i>Colletotrichum</i>), podredumbre amarga (<i>Glomerella</i>), muerte de ramas (<i>Botryosphaeria</i>), podredumbre carpelar (<i>Alternaria</i> y <i>Fusarium</i>), moho azul (<i>Penicillium</i>), podredumbre negra (<i>Alternaria</i>) y podredumbre morena (<i>Monilinia</i>), en los cultivos de: ajo, cebolla, tomate, pepino, calabaza, papa, melón, sandía, banana, pimentón, uva, manzana, durazno, rosales, frutilla, hortalizas en general, cítricos, entre otros. En cultivos hidropónicos es recomendado para el control de <i>Pythium</i> y <i>Fusarium</i> .	Participa en la descomposición natural de hojas, tallos y raíces.	Tratamiento de semilla, pulverización, aplicación en el suelo, plántulas u otros órganos de propagación.	Empresa Caxiense de Controle Biológico Ltda., Caxias do Sul, Brasil. Site: http://www.eccb.com.br/ . Producto no registrado.

Tabla 14. Principales productos biológicos en base a microorganismos para el control de enfermedades de plantas y de nematodos comercializados en Brasil.

Trichodermax® EC	<i>Trichoderma asperellum</i> . Concentración de esporas viables, 1,5x10 ⁹ /ml de producto.	Utilizada de forma preventiva contra hongos de los géneros <i>Rhizoctonia</i> y <i>Sclerotinia</i> . También contra <i>Fusarium</i> , <i>Botrytis</i> , <i>Monilinia</i> , <i>Verticillium</i> , <i>Pythium</i> entre otros.	Parasitismo, competencia, promoción de crecimiento, inducción de resistencia sistémica.	Microorganismo natural de los suelos reconocido por su acción sobre hongos causantes de enfermedades en plantas.	Tratamiento de semillas, pulverización.	Novozymes BioAg Productos para Agricultura Ltda. Quatro Barras, PR. Registrado en el MAPA.
Trichodermil®	<i>Trichoderma harzianum</i> - cepas ESALQ-1306 y ESALQ-1303. Formulaciones polvo mojable (WP) con 5x10 ¹¹ conidios viables/kg de producto y suspensión concentrada emulsionable (SC) con 2x10 ¹² conidios viables/L. VP en temperatura ambiente (23 °C a 27 °C) y de 30 días, en ambiente refrigerado (6 °C a 8 °C), 180 días y por debajo de 0°C, 360 días.	Moho blanco (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>), pudriciones causadas por <i>Fusarium solani</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> en poroto y soja. Marchitez por fitoftora (<i>Phytophthora capsici</i>) en pimentón. Podredumbre de raíz y de frutos (<i>Phytophthora palmivora</i>) en mamón. Marchitamiento (<i>Fusarium</i>) y moho gris (<i>Botrytis cinerea</i>) en ricino.	Antibiosis (antibióticos, toxinas y enzimas que afectan el desarrollo de hongos), parasitismo y competencia. Descomposición de materia orgánica y en la degradación de residuos tóxicos en suelos contaminados con agrotóxicos.	Las cepas utilizadas fueron aisladas y seleccionadas en el Laboratorio de Control Biológico de la ESALQ.	El producto puede ser aplicado en pulverización con pivot central o con equipamientos terrestres (pulverizadores tractorizados) con picos dirigidos al surco, en la plantación o inicio del desarrollo del cultivo. El equipamiento debe poseer agitador para mantener la suspensión homogénea del ingrediente activo. Es importante destacar que el hongo debe ser aplicado preventivamente.	Itaforte BioProductos, Itapeatinga/ São Paulo, Brasil. Site: http://www.itafortebioproductos.com.br . Registrado en el MAPA.

Tabla 14. Principales productos biológicos en base a microorganismos para el control de enfermedades de plantas y de nematodos comercializados en Brasil.

Trichonat EF®	<i>Trichoderma</i> spp.	Control de <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Pythium</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Sclerotium rolfisii</i> , <i>Botrytis</i> , <i>Phytophthora</i> , <i>Verticillium</i> , <i>Colletotrichum</i> , <i>Armilaria</i> , <i>Rhizopus</i> , <i>Venturia</i> , <i>Endothia</i> , <i>Diaqorte</i> , <i>Fusicladium</i> y <i>Crinipellis perniciosa</i> .	Actúa por competencia, antibiosis y parasitismo.	Presenta alta capacidad de multiplicación y producción de metabolitos. Proporciona un incremento en el desarrollo radicular.	Aplicado por pulverización, directo al suelo, adicionado al sustrato y en el tratamiento de semillas. Dosificaciones: para pulverizador de mochila de 20 L se recomienda 50 g del producto y, en el suelo, 1 Kg/ha de Trichonat/ 200 a 600 L de agua.	Natural Rural, Brasil. Site: http://www.naturalrural.com.br http://www.naturalrural.com.br/productos/productos_especificos.asp?CodProducto=31&Caption=Natural%20Rural%20-%20Trichonat%20EF . Producto no registrado.
Trichoplus JCO	Mezcla de aislamientos de <i>Trichoderma</i> spp. y <i>Trichoderma harzianum</i> (esporas, micelio y metabolitos). Polvo mojado con validez de 45 días.	Control de <i>Fusarium</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> , <i>Sclerotium rolfisii</i> , <i>Macrophomina</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Pythium</i> , <i>Cercospora</i> , <i>Phoma</i> , <i>Rosellinia</i> y <i>Phytophthora</i> .	Actúa por competencia, antibiosis y parasitismo.	Presenta alta capacidad de multiplicación y producción de metabolitos. Proporciona un incremento en el desarrollo radicular.	Pulverización, tratamiento de semillas y mezclado al fertilizante en el surco de plantación.	JCO Indústria e Comércio de Fertilizantes LTDA. Barreiras - BA. Site: http://www.jcofertilizantes.com.br/index.php?id=trichoplusjco . No registrado.
Trichoteam	<i>Trichoderma</i> spp. Formulación a base de conidios de <i>Trichoderma</i> sp. VE no encontrada.	Control de <i>Fusarium</i> spp.; <i>Rhizoctonia</i> spp.; <i>Crinipellis perniciosa</i> ; <i>Phytophthora</i> sp.; <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> ; <i>Cylindrocladium</i> spp.; <i>Alternaria helianthi</i> ; <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ; <i>Rosellinia</i> ; <i>Botrytis cinerea</i> ; <i>Verticillium dahliae</i> y <i>Plasmodiophora viticola</i> .	Actúa por competencia y parasitismo, además de inducir la defensa de las plantas a través de acción bioestimulante.			BioTEAM Ind. e Com. Ltda. -Ribeirão Preto/SP Site: http://www.bioteam.com.br . Producto no registrado.

Tabla 14. Principales productos biológicos en base a microorganismos para el control de enfermedades de plantas y de nematodos comercializados en Brasil.

Tricovab	<i>Trichoderma stromaticum</i> , aislamiento 3550 - CEPLAC. Conidios adheridos en granos de arroz seco, conteniendo 10 ⁶ conidios/g. VE hasta 8 días a temperatura ambiente y 6 meses en refrigeración (6 °C a 8 °C).	Control de escoba de bruñias (<i>Moniliophthora perniciosa</i>) en cacao.	Actúa como hiperparasitado patógeno impidiendo la formación de basidiomas. También están involucrados mecanismos de competencia por espacio y nutrientes.	Hongo filamentosodimórfico, con una fase sexual denominada <i>Hyphopocrea stromatica</i> encontrada generalmente sobre frutos de cacao y <i>cupuaçu</i> en descomposición. La fase asexual es producida por fermentación sólida.	Dirigir el pico de aplicación a las escobas y frutos acumulados sobre el suelo. Aplicar con boquillas 110/02, en el período lluvioso, de mayo a agosto, luego de la remoción de las escobas y de los frutos enfermos en días con humedad relativa superior a 80%. Número de aplicaciones: cuatro, con intervalo mensual.	CEPLAC, Itabuna, BA. Site: http://www.ceplac.gov.br . Registro para agricultura orgánica.
Serenade®	<i>Bacillus subtilis</i> aislamiento QST 713. Gránulos dispersables en agua y suspensión acuosa conteniendo de 1 a 7x10 ⁹ ufc/g. No requiere condiciones especiales de almacenamiento y la VP es mayor a 24 meses.	Mancha bacteriana (<i>Xanthomonas</i>), oídio (<i>Leveillula taurica</i>), Mancha negra (<i>Alternaria solani</i>) del tomate y del pimentón. Moho gris (<i>Botrytis cinerea</i>) y oídio (<i>Uncinula necator</i>) de la vid. Oídio (<i>Erysiphe</i> y <i>Sphaerotheca</i>) y podredumbre gomosa (<i>Dydimela bryoniae</i>) de las cucurbitáceas. Sigatoka negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>) del bananero. Antracnosis (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>) del mango. Moho blanco (<i>Sclerotinia</i>) de la lechuga. Tizón bacteriano (<i>Erwinia amylovora</i>) del manzano y del peral. Moho blanco (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>) del poroto.	Actúa colonizando la filósfera y compitiendo con los patógenos por nutrientes y espacio previniendo el ataque y la penetración del patógeno; por antibiosis produciendo metabolitos como iturinas, agrastatinas/pipastatinas y surfactinas que inhiben la germinación de esporas, el crecimiento del tubo germinativo y destruyen las membranas de los patógenos.	Bacteria gram positiva, aeróbica y con movilidad, ampliamente distribuida en la naturaleza. Puede producir endosporas y se encuentra en el suelo, agua y aire. La producción se realiza por medio de fermentación líquida.	Se aplica por pulverización y pueden ser utilizados equipamientos convencionales. El producto es compatible en mezclas con algunos fungicidas sintéticos, como azufre, hidróxido de cobre, mancozeb, clorotalonil, azoxystrobin y myclobutanil.	AgraQuest Inc, 1540 Drew Ave, Davis, CA, 95618, EUA. Site: http://www.agraquest.com/ . El producto está registrado en Brasil.

Bacterias

Tabla 14. Principales productos biológicos en base a microorganismos para el control de enfermedades de plantas y de nematodos comercializados en Brasil.

<p>Sonata®</p>	<p><i>Bacillus pumilus</i> aislamiento QST2808. Suspensión acuosa conteniendo 10⁹ UFC/g. No requiere condiciones especiales de almacenamiento y la VP es mayor a 24 meses.</p>	<p>Oídio (<i>Oidiopsis taurica</i> y <i>Erysiphe</i>) del tomate y pimentón. Mancha negra (<i>Alternaria solani</i>) y tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>) de la papa. Oídio (<i>Uncinula necator</i>) de la vid. Oídio (<i>Erysiphe</i> y <i>Sphaerotheca</i>) y mildiu (<i>Pseudoperonospora</i>) de las cucurbitáceas. Oídio (<i>Sphaerotheca macularis</i> y <i>Erysiphe</i>) de la frutilla. Oídio (<i>Erysiphe cichoracearum</i>) y mildiu (<i>Bremia lactucae</i> y <i>Peronospora</i>) de la lechuga. Oídio (<i>Podosphaera leucotricha</i>) del manzano y peral.</p>	<p>Actúa por colonización del filopiano y competencia con el patógeno, produce azúcares amoniacados con acción antifúngica. Esos compuestos compiten con las enzimas involucradas en la formación de la membrana celular y así inhiben la formación de nuevas células.</p>	<p>Bacteria gram positiva, aeróbica y con movilidad amplia en la naturaleza. Puede producir endosporas y se encuentra en diferentes nichos, como materiales en descomposición, suelo, agua y aire. La producción se realiza por fermentación líquida.</p>	<p>Se aplica por pulverización y pueden ser utilizados equipamientos convencionales. El producto es compatible en mezclas con algunos fungicidas sintéticos en base a azufre, hidróxido de cobre, mancozeb, chlorothalonil, azoxystrobin y myclobutanil.</p>	<p>AgraQuest Inc, 1540 Drew Ave, Davis, CA, 95618, USA. Site: http://www.agraquest.com/. O producto está registrado en Brasil.</p>
----------------	---	--	--	---	--	--

Fuente: Bettiol et al. (2012), AGROFIT (2013)

aumentar esta demanda es nuevamente, instrumentando las campañas educativas destinadas al gran público sobre el valor de los bioproductos. ¿A quién le corresponde coordinar tales campañas? Esperamos que este punto, más allá del resto del capítulo, induzca a la reflexión y al aumento del uso del biocontrol de enfermedades, en última instancia.

Bibliografía

- AGROFIT 2011 y 2013. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Fonte: <http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-inicial/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit> (Outubro, 2011, abril 2013 y Noviembre 2013).
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária - (Brasil). 2002. Resolução - RDC nº 195, de 8 de julho de 2002. Regulamentação de Produtos Semioquímicos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 jul. 2002. Seção 1, p. 229-230.
- Barreto RW. 2008. Latin American weed biological control science at the crossroads. In: XII International Symposium on Biological Control of Weeds, La Grande Motte.
- Barreto RW. 2009. Controle Biológico de Plantas Daninhas com Fitopatógenos. In: Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas, p. 101-128.
- Barreto RW, Ellison CA, Seier MK, Evans H. 2012. Biological control of weeds with plant pathogens: Four decades. En: Integrated Pest Management Principles and Practice. 1 ed. Wallingford : CABI p. 299-350.
- Bastos CN. 1988. Resultados preliminares sobre a eficácia de *Trichoderma viride* no controle da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis perniciosa*) do cacauero. Fitopatologia Brasileira 13:340-342.
- Bastos CN. 2000. *Trichoderma stromaticum* sp.nov. na produção de basidiomas e infecções de ramos e almofadas florais do cacauero por *Crinipellis perniciosa*. Agrotrópica 12:59-62.
- Bettiol W. 1996. Biological control of plant pathogens in Brasil: application and current research. World Journal of Microbiology & Biotechnology, 12: 505-510.
- Bettiol W. 2003. Controle de doenças de plantas com agentes de controle biológico e outras tecnologias alternativas. En: Campanhola C, Bettiol W (Eds.). Métodos Alternativos de Controle Fitossanitário, Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 191-215.
- Bettiol W. 2011. Biopesticide use and research in Brazil. Outlooks on Pest Management 22:280-283.
- Bettiol W, Ghini R. 2003. Proteção de plantas em sistemas agrícolas alternativos. En: Campanhola C, Bettiol W (Eds.) Métodos Alternativos de Controle Fitossanitário. Jaguariúna. Embrapa Meio Ambiente. pp. 79-95.
- Bettiol W, Morandi MAB. 2009. *Trichoderma* in Brazil: history, research, commercialization and perspectives. IOBC/WPRS Bulletin 43:235-239.
- Bettiol W, Ghini R, Morandi MAB, Stadnik MJ, Kraus U, Stefanova M, Prado AMC. 2008. Controle biológico de doenças de plantas na América Latina. En: Alves SB, Lopes RB (Eds.) Controle Microbiano de Pragas na América Latina – Avanços e desafios. Piracicaba. FEALQ. pp. 303-331.
- Bettiol W, Morandi MAB, Pinto ZV, Paula Junior TJ, Correa EB, Moura AB, Lucon CMM, Costa JCB, Bezerra JL. 2009. Bioprotetores comerciais para o controle de doenças de plantas. Revisão Anual de Patologia de Plantas 17:111-147.
- Bettiol W, Morandi MAB, Pinto ZV, Paula Junior TJ, Correa EB, Moura AB, Lucon CMM, Costa JCB, Bezerra JL. 2012. Produtos comerciais à base de agentes de biocontrole de doenças de plantas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente (Documento) 113p.
- Bird GW, Edens T, Drummond F, Groden E. 1990. Design of pest management systems

- for sustainable agriculture. En: Francis CA, Flora CB, King LD (Eds.) Sustainable Agriculture in Temperate Zones. New York. John Willey. pp. 55-110.
- Brasil. 2011. Ato CGA/SDA/MAPA nº 29, de 7 de julho de 2011. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 08 jul. 2011. Seção 1, pág. 6.
- Brasil. 2010. Ato CGA/SDA/MAPA nº 7, de 12 de março de 2010. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 mar. 2010. Seção 1, pág. 2.
- Brasil. 1934. Decreto nº 24.114, de 12 de abril de 1934. Aprova o Regulamento de Defesa Sanitária Vegetal. Diário Oficial da União - Brasília, DF, Seção 1 - 31 dez. 1934, p. 555.
- Brasil. 2002. Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei nº 7.802. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jan. 2002. Seção 1 p.1-12.
- Brasil. 2007. Decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007. Dispõe sobre agricultura orgânica. Diário Oficial da União, Brasília, 28 dez. 2007. Seção 1, pág. 2.
- Brasil. 2009. Decreto nº 6.913, de 23 de julho de 2009. Diário Oficial da União, Brasília, 24 jul. 2009. Seção 1, pág. 8.
- Brasil. 2006c. Instrução Normativa Conjunta nº 2, de 23 de janeiro de 2006. Estabelece procedimentos a serem adotados para efeito de registro de Agentes Biológicos de Controle. Diário Oficial da União, Brasília, 26 jan. 2006c. Seção 1, pág. 8.
- Brasil. 2005. Instrução Normativa Conjunta nº 25, de 14 de setembro de 2005. Regulamenta o Registro Especial Temporário. Diário Oficial da União, Brasília, 15 set. 2005. Seção 1, pág. 4-6.
- Brasil. 2006b. Instrução Normativa Conjunta nº 3, de 10 de março de 2006. Estabelece normas específicas para fins de registro de produtos microbiológicos que se caracterizem como produtos técnicos, agrotóxicos e afins. Diário Oficial da União, Brasília, 15 mar. 2006b. Seção 1, pág. 23-25.
- Brasil. 2011. Instrução Normativa Conjunta SDA/SDC nº 2, de 02 de junho de 2011. Estabelece especificações de referência de produtos fitossanitários com uso aprovado na agricultura orgânica. Diário Oficial da União, Brasília, 03 jun. 2011. Seção 1, pág. 39.
- Brasil. 2012^a. Instrução Normativa Conjunta SDA/SDC nº 2, de 04 de abril de 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 abr. 2012a. Seção 1, pág. 5.
- Brasil. 2012b. Instrução Normativa Conjunta SDA/SDC nº 3, de 11 de maio de 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 maio 2012b. Seção 1, pág. 4 e 5.
- Brasil. 2013. Instrução Normativa Conjunta SDA/SDC nº 2, de 12 de julho de 2013. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 julho 2013. Seção 1, pág. 6 a 8.
- Brasil. 2003. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica. Diário Oficial da União, Brasília, 24 dez. 2003. Seção 1, pág. 8-9.
- Brasil. 1989. Lei nº 7.802, de 12 de julho de 1989. Dispõe sobre agrotóxicos, seus componentes e afins. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 jul. 1989. Seção 1, p. 11459-11460.
- Brasil. 1992. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 03, de 16 de janeiro de 1992. Diretrizes e exigências referentes à autorização de registros, renovação de registro e extensão de uso de produtos agrotóxicos e afins. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 4 fev. 1992.
- Castro MLMP, Oliveira Filho EC. 2006. Avaliação Ambiental de Produtos Biológicos. En: Oliveira-Filho EC, Monerat RG (Eds.). Fundamentos para a Regulação de Semioquímicos, Inimigos Naturais e Agentes Microbiológicos de Controle de Pragas. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. Pág. 343-352.
- Cook RJ, Baker KF. 1983. The nature and practice of biological control of plant pathogens. St Paul: APS, 539p.
- Costa AS, Müller GW. 1980. Tristeza control by cross protection: a U.S. - Brazil cooperative success. Plant Disease 64:538-541.
- Costa JCB, Bezerra JL, Bastos CN, Cazorla IM. 1998. Ação antagonista de *Trichoderma* sp. sobre a produção de *Crinipellis pernicioso* no estado da Bahia. Anais, VI Simpósio de

- Controle Biológico, Rio de Janeiro. p.89.
- Costa JCB, Faleiro FG, Faleiro ASG, Bezerra JL, Bezerra KMT, Dantas Neto A, Menezes PV. 2003. Diversidade genética de isolados de *Trichoderma* spp. e *Hypocrea stromatica* da região cacaueteira do Brasil. Proceedings, XIV. International Cocoa Conference, Acra-Ghana. pp.783-788.
- Costa JCB, Bezerra JL, Santos Filho LP, Alves MC, Moura EM. 2009. Controle biológico da vassoura-de-bruxa do cacaueteiro na Bahia, Brasil. En: Bettiol W, Morandi MAB (Eds) Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas. Embrapa Meio Ambiente: Jaguariúna, p. 245-266.
- Cota LV, Maffia LA, Mizubuti ESG, Macedo PEF, Antunes RF. 2008. Biological control of strawberry gray mold by *Clonostachys rosea* under field conditions. Biological Control 46:515-522.
- CPL Business Consultants. 2013. Agriculture. Biopesticides - Market Studies. AZ01 Volume 1 - The Worldwide Biopesticides Market Summary. 2011. Disponível em: <<http://www.cplsis.com/index.php?reportid=335&category=76>>. Acesso em 10 fev. 2013.
- Dias PRP, Rezende JAM. 2000. Premunização da abóbora híbrida Tetsukabuto para o controle do mosaico causado pelo *Papaya ringspot vírus - type W*. Summa Phytopathologica 26:390-398.
- Foster R. 1950. Inativação do vírus do mosaico comum do fumo pelo filtrado de culturas de *Trichoderma* sp. Bragantia 10:139-148.
- Freire FCO, Bridge J. 1985. Parasitism of eggs, females and juveniles of *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* and *Verticillium chlamydosporium*. Fitopatologia Brasileira 10:577-596.
- Freitas LG, Dallemole-Giaretta R, Ferraz S, Zooca RJF, Podesta GS. 2009. Controle biológico de nematóides: estudo de casos. In: Laércio Zambolim; Marcelo Picanço. (Org.). Controle biológico de pragas e doenças - Exemplos Práticos. 1ed. São Carlos, SP: Suprema Ltda. v. 1, p. 41-82.
- Freitas LG, Podestá GS, Ferraz S, Coutinho MM. 2009. Supressividade de solo a *Meloidogyne* por *Pasteuria penetrans* nos estados do Maranhão e Santa Catarina. En: Bettiol W, Morandi MAB (Eds) Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas. Embrapa Meio Ambiente: Jaguariúna, p. 153-172.
- Galina E, Sudo S, Silva DJ. 1998. Biological control of tobacco seedling damping-off. Bull. Spec. CORESTA, 1998, Brighton Congress, UK p. 127.
- Gowen SR, Ahmed R. 1990. *Pasteuria penetrans* for control of pathogenic nematodes. Aspects of Applied Biology 24: 25-32.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - (Brasil). 1997. Portaria Normativa nº 131, de 03 de novembro de 1997. Estabelece os critérios a serem adotados. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 4 nov. 1997. Seção 1, p. 24988-24991.
- Junqueira NTV, Gasparotto L. 1991. Controle biológico de fungos estromáticos causadores de doenças foliares em seringueira. En: Bettiol W (Ed.). Controle biológico de doenças de plantas. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, p.307-331.
- Knudsen IMB. 1994. Biological control of seedborne diseases in cereals. PhD thesis. Departement of Plant Biology. The Royal Veterinary and Agricultural University. Denmark.
- Lima AMC, Silva AGA. 1968. Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil, seus parasitos e predadores: t. 1. Insetos, hospedeiros e inimigos naturais. t. 2 Índice de insetos e índice de plantas. Parte 2, V. 1 e 2. Original digitalizado Universidade de Cornell 07/09/2009.
- Lopes F. 2012. Cresce dependência de insumos importados. http://www.sindag.com.br/noticia.php?News_ID=2292 (04/12/2012).

- Lopes EA, Ferraz S, Ferreira PA, Freitas LG, Dhingra OD, Gardiano CG, Carvalho SL. 2007. Potencial de isolados de fungos nematófagos no controle de *Meloidogyne javanica*. *Nematologia Brasileira* 31:78-84.
- Lorito M, Woo SL, Harman GE, Monte E. 2010. Translational research on *Trichoderma*: from 'omics to the field. *Annual Review of Phytopathology* 48:1-23.
- Loureiro ES, Batista Filho A, Almeida JEM, Mendes JM, Pessoa LGA. 2012. Eficiência de isolados de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. no controle da cigarrinha-da-raiz da cana-de-açúcar, *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854) (Hemiptera: Cercopidae), em condições de campo. *Arquivos do Instituto Biológico* 79:47-53.
- Martins EMF, Beretta MJG, Roveratti DS, Moraes WBC. 1985. Comparative induced protection to *Hemileia vastatrix* in coffee plants by non-specific inducers from different fungal and bacterial origin. *Fitopatologia Brasileira* 10: 521-529.
- Müller GW, Costa AS. 1991. Premunização de plantas cítricas En: Bettiol W (Ed.) Controle biológico de doenças de plantas, Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, p.285-293.
- Peng G, Sutton JC. 1991. Evaluation of microorganisms for biocontrol of *Botrytis cinerea* in strawberry. *Canadian Journal Plant Pathology* 13:247-257.
- Pomella AWV. 2008. A utilização do controle biológico para grandes culturas - a experiência do grupo Sementes Farroupilha. *Summa Phytopathologica* 34:195-196.
- Pomella AWV, Ribeiro RTS. 2009. Controle biológico com *Trichoderma* em grandes culturas - uma visão empresarial. En: Bettiol W, Morandi MAB (Eds). Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, pp. 238-244.
- Rangel LEP. 2006. Eficiência e praticabilidade de produtos biológicos. En: Oliveira Filho EC, Monerat RG (Eds.). Fundamentos para a regulação de semioquímicos, inimigos naturais e agentes microbiológicos de controle de pragas. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF. Pp. 313-323.
- Reunião Brasileira sobre Controle Biológico de Doenças de Plantas. 2008. *Summa Phytopathologica* 34(supl.):156-203.
- Rezende JAM, Müller GW. 1995. Mecanismos de proteção entre vírus e controle de viroses de vegetais por premunização. *Revisão Anual de Patologia de Plantas* 3:185-226.
- Rezende JAM, Pacheco DA. 1998. Control of papaya ringspot vírus-type W in zucchini squash by cross protection in Brazil. *Plant Disease* 82: 171-175.
- Rezende JAM, Pacheco DA, Iemma AF. 1999. Efeitos da premunização da abóbora 'Menina Brasileira' com estirpes fracas do vírus do mosaico do mamoeiro-estirpe melancia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34:1481-1489.
- Samuels GJ, Pardo-Schultheiss R, Hebbar KP, Lumsden RD, Bastos CN, Costa JCB, Bezerra JL (2000) *Trichoderma stromaticum* sp.nov., a parasite of the cacao witches' broom pathogen. *Mycological Research* 104:760-764.
- Sayre RM, Star MP. 1985. *Pasteuria penetrans* (ex Thorne, 1940) nom. rev., comb. n., sp. n., a mycelial and endospore-forming bacterium parasitic in plant parasitic nematodes. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 52:149-165.
- Schroers HJ. 2001. A monograph of *Bionectria* (Ascomycota, Hypocreales, Bionectriaceae) and its *Clonostachys* anamorphs. *Studies in Mycology* 46:1-214.
- Schroers HJ, Samuels GJ, Seifert KA, Gams W. 1999. Classification of the mycoparasite *Gliocladium roseum* in *Clonostachys* as *C. rosea*, its relationship to *Bionectria ochroleuca*, and notes on other *Gliocladium*-like fungi. *Mycologia* 91:365-385.
- Sindag. 2013. http://www.sindiveg.org.br/docs/MERCADO_DEF_AG_2012_2013_VERSAO_FINAL_4_3_13.pdf.
- Stirling GR. 1991. Biological control of plant-parasitic nematodes: Progress, problems, and prospects. Wallingford, U.K: CAB International. 282 p.
- Sudo S. 1986. Biocontrole de *Catacauma torrendiella* e *Coccostroma palmicola*, agentes causadores da lixa preta no coqueiro. En: III Reunião Brasileira sobre Controle Biológico de Doenças de Plantas. Anais, Brasil, Piracicaba, p. 57-59.

- Sutton JC, Li DW, Peng G, Yu H, Zang P, Valdebenito-Sanhueza RM. 1997. *Gliocladium roseum*: A versatile adversary of *Botrytis cinerea* in crops. Plant Disease 81:316-328.
- Tessmann DJ. 2011. Controle biológico: Aplicações na área de ciência das plantas daninhas. En: Oliveira Jr RS, Constantin J, Inoue MH (Eds.) Biologia e manejo de plantas daninhas. Curitiba, Omnipax. pp. 79-93.
- Valdebenito-Sanhueza RM. 1991. Possibilidades do controle biológico de *Phytophthora* em macieira. In: Bettiol W (Ed.) Controle biológico de doenças de plantas, Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, p.303-305.
- Viggiano JR. 2011. *Pochonia chlamydosporia* no controle do nematoide das galhas e na produção de alface e pepino. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa.
- Warwick DRN. 2001. Colonização de estromas de *Sphaerodothis acrocomiae* agente causal da lixa grande do coqueiro por *Acremonium persicinum*. Fitopatologia Brasileira 26:220.