

CONTROL BIOLÓGICO DE MALEZAS: FUNDAMENTOS Y PERSPECTIVAS EN CHILE¹

Biological control of weeds: Fundamentals and prospects in Chile

Hernán Norambuena M.² y Juan Ormeño N.³

SUMMARY

The present paper briefly discusses the history, principles and prospects of biological weed control in Chile. From 1952 to 1990, 3 insects and 2 fungi were introduced against the exotic weeds *Hypericum perforatum*, *Rubus* spp, *Galega officinalis*, and *Ulex europaeus*. All biotic agents released have become established providing from substantial to partial control of the target weeds.

Most of the weeds occurring in Chile are exotic. Natural enemies, particularly insects, have been used against 25 of these weeds in other parts of the world. Providing specificity test to Chilean wild flora related to the targeted weed, it is consequently possible to transfer successful biological control agents to the country substantially reducing the initial expenditure of time, personnel, and money involved in searching the agent and testing its suitability for a new habitat. This fact and the ecological and climatic similarities of Chile and areas of the world where biological control of weeds has been extensively and successfully explored and used in the last 50 years, suggest promising prospects for an expansion of the classical biocontrol of weeds in the country.

Key words: biological control, biological weed control, weeds, phytophagous natural enemies.

INTRODUCCION

El control biológico de malezas (CBM) es un método de control basado en sólidos principios ecológicos, que usa enemigos naturales específicos de una planta considerada maleza, para disminuir o regular, y no erradicar, la densidad de dicha planta antes de que alcance niveles de daño económico o estético (Rosenthal, Maddox y Brunetti, 1984). El método biológico se sustenta en principios fundamentales: los enemigos naturales pueden limitar las poblaciones de malezas y algunos de esos enemigos naturales tienen un rango de hospederos limitado (Wapshere, Delfosse y Cullen, 1989). Generalmente se acepta que las plantas llegan a ser malezas debido a la ausencia de enemigos naturales eficaces, particularmente cuando plantas exóticas son introducidas a un nuevo hábitat. No obstante, el verdadero rol de un agente biológico, como regulador de una especie maleza, depende de sus interrelaciones con otros factores bióticos, así como también con los factores abióticos presentes en el hábitat (De Bach, 1964).

El CBM, además de ser eficaz, puede proveer un control razonablemente permanente y barato, a la vez que es selectivo, no contaminante, y compatible con otras estrategias de supresión. Los enemigos naturales se perpetúan y diseminan por sí solos, son a menudo dependientes de la densidad del hospedero, y los riesgos que representa su introducción son conocidos y evaluados antes de su liberación (Rosenthal y otros, 1984; Wapshere y otros, 1989).

La primera aplicación práctica del CBM fue intentada en 1836, cuando el insecto *Dactylopius ceylonicus* (Green), el cual había sido introducido desde Brasil a India para la producción de tinturas en 1795, fue transferido desde el norte al sur de la India para el control del cactus *Opuntia vulgaris* Mill. (Julien, 1989). El CBM ha sido, particularmente, exitoso en el caso de malezas perennes, dominantes e introducidas en ambientes relativamente no intervenidos (Goeden, 1988; Wapshere y otros, 1989). Dos de los éxitos más sobresalientes, el control de *Opuntia* spp por la polilla *Cactoblastis cactorum* (Berg) en Australia y la supresión de *Hypericum perforatum* L. por *Chrysolina* spp en California, incentivaron la adopción y utilización del CBM en varias partes del mundo.

Hasta fines de la década del 70, 192 organismos exóticos habían sido introducidos en contra de 86 malezas, muchos de ellos siendo transferidos a distintas partes del mundo, y otros 33 organismos nativos

¹Recepción de originales: 9 de enero de 1990.

Los autores agradecen a María Cristina Kusch y Adriana Ramírez por su contribución en la elaboración del Cuadro 1.

²Estación Experimental Carillanca (INIA), Casilla 58-D, Temuco, Chile.

³Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

habían sido utilizados en contra de 25 malezas (Julien, 1982). Hasta 1985, el número de agentes bióticos exóticos y nativos utilizados a nivel mundial, había aumentado a 279 y 42, respectivamente (Julien, 1987). Los agentes biológicos preferidos han sido los insectos, pero ácaros, moluscos, nematodos, peces, mamíferos, aves, patógenos, y aún plantas, pueden ser utilizados. El éxito del CBM ha sido recientemente discutido por Crawley (1989), quien al analizar todos los proyectos existentes sobre el tema hasta 1985, concluyó que un 62,7% de las liberaciones resultaron en el establecimiento de los agentes bióticos, y que en un 18% de los casos, se logró un control notorio o completo de la maleza.

El creciente interés en la utilización de alternativas biológicas de control de malezas, tiene relación, entre otras causas, con el aumento de la resistencia de las plantas a los herbicidas en las décadas pasadas (Le Baron y Gressel, 1982). Si bien las plagas también pueden desarrollar resistencia a los agentes biológicos, éste sería un proceso más lento que el de la resistencia a los pesticidas, además de que el enemigo natural tiene la posibilidad de evolución. Asimismo, la inducción de resistencia en plantas, en el caso de insectos defoliadores, es parte de un sistema interactivo planta-insecto, en el cual la resistencia puede no solo desestabilizar sino que también estabilizar las poblaciones de herbívoros en el tiempo (Haukioja y Neuvonen, 1987). Desde un punto de vista económico, el costo de un programa de control biológico ha sido estimado en US\$ 1,8 millones, para las condiciones de Canadá, cifra que, aunque alta, puede ser una alternativa barata y efectiva en comparación con un costo estimado en US\$ 10 millones, para el desarrollo de un herbicida. A esto se debe agregar los costos adicionales por la aplicación recurrente del herbicida (Harris y Cranston, 1979). Por su parte, Andres (1977) ha señalado que se requerirían 11 a 13 años/investigador para desarrollar completamente un proyecto de control biológico clásico de una maleza con insectos.

A pesar de la progresiva adopción del método biológico de control de malezas en el mundo, éste no ha sido usado extensivamente, ni practicado, en forma sistemática en Chile. Sin embargo, sí ha sido parcialmente utilizado en contra de cuatro malezas introducidas: hierba de San Juan (*Hypericum perforatum* L.), zarzamora (*Rubus* spp), galega (*Galega officinalis* L.), y espinillo (*Ulex europaeus* L.) (Jordan, 1954; Oehrens y González 1974, 1975; Norambuena, Carrillo y Neira, 1986). En todos estos casos se ha utilizado la "Concepción Clásica o Inoculativa del CBM", la cual consiste en la importación de agentes bióticos específicos que regulan las poblaciones de malezas en su tierra de origen, y su liberación posterior en el país de introducción (Wapshere y otros, 1989).

La hierba de San Juan (*H. perforatum*) constituye la primera maleza sobre la cual se aplicó el método biológico en Chile. En 1952, se introdujo desde California los crisomelidos *Chrysolina quadrigemina* (Suffrian) y *C. hyperici* (Forster) (Jordan, 1954), los cuales, según Isla (1959) y López y Olalquiaga (1959), se establecieron logrando la supresión de la maleza en diversas áreas.

En 1962, un análisis sobre las posibilidades del uso de uredinales para las malezas dicotiledoneas del país, fue realizado por Oehrens (1962). Más recientemente, los uredinales *Phragmidium violaceum* (Schulz) Winter y *Uromyces galegae* (Opiz) Saccardo, fueron introducidos en contra de zarzamora (Oehrens y González, 1974) y galega (Oehrens y González, 1975). El primero de estos hongos, se estableció causando disminuciones de la densidad de la maleza, además de su desplazamiento por competencia con otras especies vegetales (Oehrens, 1977), en tanto que el hongo de la galega también se estableció y hasta 1974 continuaba dispersándose (Oehrens y González, 1975), aunque en opinión de Ormeño (1990) la roya no ha reducido significativamente la producción de semillas de la maleza.

El uso de hongos fitopatógenos impulsado por Oehrens, es considerado un trabajo pionero tanto a nivel nacional como internacional (Templeton, Te Beest y Smith, 1979). Desafortunadamente, después de las introducciones de Oehrens, no se ha hecho ningún intento de introducir enemigos naturales patógenos de malezas a Chile. No obstante, en 1976, la Universidad Austral de Chile (UACH) reeditó el uso del CBM Clásico con insectos, al introducir el depredador de semillas *Apion ulicis* Forster para el control del *U. europaeus*. Este agente biológico fue posteriormente liberado en el sur de Chile tanto por la UACH como por la Estación Experimental Carillanca del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), constatándose el buen establecimiento y capacidad de consumo de semillas del insecto desde la VIII a la X regiones (Norambuena y otros, 1986). Después de esta introducción no se ha liberado ningún otro agente biótico en Chile. Actualmente, sin embargo, en la Subestación Experimental La Cruz del INIA se desarrollan pruebas de especificidad de la polilla europea del espinillo *Agonopterix ulicetella* (Stainton), como requisito previo a su liberación en las áreas infestadas por *U. europaeus* en el país.

En síntesis, el uso del método de CBM en las últimas décadas ha sido intentado por un reducido número de investigadores de la UACH y el INIA. Este limitado interés en la aplicación del método, puede haberse originado en la carencia de facilidades y recursos apropiados, y de aportes suficientes para la implementación de proyectos específicos de control biológico de las malezas más dañinas susceptibles al método. Parece evidente una falta de políticas de adopción de

estrategias de control de malezas de más largo plazo, que sean: no contaminantes, menos dependientes de mercados desarrollados externos y de menor disrupción ecológica, tales como el control biológico.

JUSTIFICACION Y POSIBILIDADES DEL CBM EN CHILE

La mayor parte de la superficie de la zona centro-sur y sur de Chile es utilizable para la producción de forraje y ganado, así como para la silvicultura (Contesse, 1988; INE, 1989). Estas áreas se caracterizan por presentar mezclas de malezas introducidas y nativas, las cuales limitan la productividad de los sistemas ganaderos, debido a su capacidad de competencia, propiedades tóxicas y su baja palatabilidad o valor nutritivo. Dichas malezas también restringen el desarrollo y reforestación del bosque nativo y artificial, y deprimen la expansión de la actividad silvícola (Espinoza 1988a, b; Matthei, 1963; New, 1984).

Desde un punto de vista climático y ecológico, las áreas de aptitud agropecuarias y silvícola chilena son comparables con regiones del mundo donde el CBM ha sido extensivo y exitosamente utilizado en los últimos 50 años, o que presentan la fuente más abundante y diversa de agentes bióticos nativos o introducidos. Por ejemplo, la diversidad de climas mediterráneos y marinos de la zona centro sur y sur de Chile, presenta gran similitud con áreas de California, Oregon y Washington en EUA, o con algunas regiones de Europa y Oceanía (Papadakis, 1970; Novoa y Villaseca, 1989).

La flora vascular de Chile (Marticorena y Quezada, 1985), comprende 5.215 especies, de las cuales 544 especies se señalan como introducidas al país. Ramírez (1989) lista 459 especies de malezas para Chile, de las cuales sólo 61 especies (13%) son nativas del cono sur sudamericano, y sólo 28 especies (5,8%) son de origen exclusivamente chileno. Gran parte de las malezas de Chile son de origen foráneo, perennes o bianuales, e infestan hábitat relativamente poco intervenidos, tales como praderas, suelos de aptitud forestal, bordes de camino, sitios baldíos, etc. Las malezas introducidas son mayoritariamente de origen europeo, observándose un importante número de especies malezas de ciclo perenne, las cuales son más apropiadas para ser expuestas al método de CBM Clásico (Cuadro 1). Otras especies malezas, aún cuando anuales y/o presentes en hábitat menos intervenidos, son también susceptibles al CBM. Es el caso de varias especies de los géneros *Carduus*, *Cirsium*, *Silybum* y *Centaurea* de la familia Compositae; de la chufa (*Cyperus rotundus* L.), y del orobanche (*Orobanche minor* J.E. Smith) (Julien, 1987).

De las malezas presentes en el sur de Chile (Espinoza, 1988b), un 80% son de origen europeo, más de 50% de éstas tienen su hábitat en praderas, y un 64% son de ciclo perenne o bianual (Cuadro 2). Por otra parte, varias de las especies más agresivas presentes en Chile (Cuadro 3), han sido sujetas al método de control biológico clásico o se les incluye actualmente en proyectos de tal naturaleza, especialmente en la región oeste de EUA, Hawai, Canadá y Nueva Zelanda (Wilson 1960; Goeden y otros, 1974; Julien, 1982 y 1987; Piper, 1985; Clements y Mimmochi, 1988; Rosenthal y otros, 1988).

Existe además en Chile, una serie de especies de malezas congenéricas con especies de malezas que en otros países, han sido sometidas, o se las somete, al método biológico de control (Cuadro 4). Este hecho merece consideración, dado que la selección de enemigos naturales de especies vegetales, estrechamente relacionadas con la especie maleza motivo de control, en el país de origen o en otros países, ha sido recientemente recomendada como complemento a la colecta de agentes desde la especie maleza en su país de origen (Dennill y Morán, 1989).

La existencia en el mundo de estos programas de supresión biológica de especies, o géneros de malezas, presentes también en Chile, ofrece la gran posibilidad para el país de aprovechar la tradición de cooperación internacional de la subdisciplina de CBM, denominada por De Bach (1964) como "Proyectos transferidos". A través de esta estrategia, el país podría lograr un fuerte impulso en la fase inicial de un programa sistemático de control biológico, con una disminución considerable en los costos usualmente requeridos para la búsqueda de agentes en el exterior y la determinación de su rango de hospederos. Ello, debido a que las determinaciones de especificidad podrían limitarse a pruebas de confirmación de ésta en cuarentena doméstica, y a evaluar si los agentes biológicos representan un riesgo para la flora nativa estrechamente relacionada con la maleza a controlar. La utilización de agentes de control biológico, probadamente exitosos en el mundo, que permitan incrementar al máximo la probabilidad de éxito de proyectos iniciales de CBM, es particularmente necesaria en países en desarrollo donde existe un grado importante de escepticismo para dar alta prioridad a proyectos de CBM (De Loach, Cordo y Cruzel, 1989; Ennis, 1982).

Por otra parte, Chile podría también proveer enemigos naturales a otros países que tienen especies malezas de géneros existentes en nuestras condiciones y que son atacadas por herbívoros. Por ejemplo, en 1930, dos insectos defoliadores de especies de *Acaena* presentes en Temuco, fueron exportados a Nueva Zelanda para el control biológico de *Acaena anserinifolia* (J.R. et G. Forster), una especie nativa de ese país (Joseph,

CUADRO 1. Origen, hábitat y ciclo reproductivo de las malezas de Chile¹**TABLE 1. Origin, habitat and life cycle of weeds from Chile**

	Número de malezas según ciclo reproductivo			Total
	Perennes	Bianuales	Anuales	
Origen				
Europa	62	27	123	212
Eurasia	6	6	10	22
Mediterráneo	6	10	27	43
Norteamérica	15	-	10	25
Cosmopolita	4	-	6	10
Otras	31	2	40	73
Subtotal	124	45	216	385
América	13	-	7	20
América tropical	4	1	13	18
Sudamérica	19	2	12	33
Chile	14	-	14	28
Subtotal	50	3	46	99
Total	174	48	262	484 ²
Hábitat				
Praderas, jardines forestales	63	16	73	152
Cultivos	57	22	103	182
Ruderales (improductivas)	78	33	83	194
Total	198	71	259	528 ²

Fuente: ARS (1976); Behrendt y Hanf (1979); Espinoza (1988b); Hanf (1983); Hiltchcock (1950); Hoffman (1979); Navas (1973); Ramírez (1989); Robbins, Bellue y Ball (1941).

¹Ramírez (1989).

²Cifras totales no concuerdan con totales de las especies, por duplicidad de origen y hábitat según fuente de información.

CUADRO 2. Origen, hábitat y ciclo vital de las malezas del sur de Chile**TABLE 2. Origin, habitat and life cycle of Southern Chile weeds**

Origen, hábitat y ciclo	Especies de malezas	
	Número	Porcentaje
Origen		
Europeo	83	80
Otro	17	20
Hábitat		
Pradera	50 ¹	52
Otro	46	48
Ciclo		
Perennes	25	50
Bianuales	7	14
Anuales	18	36

Fuente: Espinoza (1988b).

¹Todas de origen europeo.

1931; Miller, 1970). Otros agentes bióticos presentes en el país, y que podrían ser de utilidad en otras regiones del mundo, han sido señalados por Oehrens (1962). Recientemente, investigadores australianos han iniciado en Chile la búsqueda de enemigos naturales de la maleza *Xanthium spinosum* L. (clonqui), dado que se estima que el país podría constituir uno de los centros de origen de la planta (A.J. Wapshere, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, CSIRO, comunicación personal). Asimismo, investigaciones del United State Department Agricultural (USDA) en Chile, desde 1990, han realizado búsquedas de organismos que coexistan con especies del género *Passiflora* (maracuyá), en un intento de encontrar agentes biológicos de *P. mollissima*, especie que ha llegado a convertirse en una maleza de importancia en Hawaii (G. Markin, USDA, comunicación personal). Por otra parte, los intensos ataques del hongo *P. violaceum* sobre zarzamora, observados en la zona sur de Chile por expertos en CBM del USDA, les ha sugerido la posibilidad de usar el hongo en contra de especies de zarzamora que son malezas en Hawaii. Con este fin, se

CUADRO 3. Especies de malezas presentes en Chile y actualmente incluidas en proyectos de control biológico en el mundo

TABLE 3. Weed species occurring in Chile and presently included in world wide biocontrol projects

Especie maleza	País involucrado	Tipo de biorregulador
<i>Ulex europaeus</i> L.	N. Zelanda, EUA	Insectos, ácaros
<i>Carduus pycnocephalus</i> L.	N. Zelanda, EUA, Argentina, Canadá	Insectos
<i>Carduus nutans</i> L.	N. Zelanda, EUA, Canadá, Argentina	Insectos
<i>Hypericum perforatum</i> L.	N. Zelanda, EUA, Canadá, Australia, Sudáfrica	Insectos
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	EUA, Canadá	Insectos, hongos
<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Tenore	EUA, Canadá	Insectos
<i>Cirsium arvense</i> (L) Scopoli	N. Zelanda, EUA, Canadá, Dinamarca	Insectos, hongos
<i>Centaurea solstitialis</i> L.	EUA, Canadá	Insectos
<i>Salsola kali</i> L.	EUA, Canadá	Insectos
<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertner	EUA	Insectos
<i>Rumex obtusifolius</i> L.	Japón	Insectos
<i>Cyperus rotundus</i> L.	EUA, Barbados, Fiji	Insectos
<i>Tribulus terrestris</i>	EUA	Insectos
<i>Verbascum thapsus</i> L.	Canadá	Insectos
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	URSS	Insectos, hongos
<i>Linaria vulgaris</i> Miller	EUA, Canadá	Insectos
<i>Conium maculatum</i> L.	EUA	Insectos
<i>Echium plantagineum</i> L.	Australia	Insectos
<i>Sonchus asper</i> (L.) J. Hill	Canadá	Insectos
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Canadá	Insectos
<i>Chenopodium album</i> L.	Dinamarca	hongos
<i>Xanthium spinosum</i> L.	Australia, Sudáfrica	Insectos, hongos
<i>Xanthium strumarium</i> L.	Australia, Fiji	Insectos, hongos
<i>Cytisus scoparius</i> (L.)	EUA	Insectos
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms-Lamb	Australia, India, Indonesia, EUA	Insectos, ácaros

Fuente: Goeden y otros (1974); Julien (1982, 1987); Piper (1985); Wilson (1960).

CUADRO 4. Géneros que incluyen malezas presentes en Chile sujetos a control biológico en el mundo

TABLE 4. Plant genera including weeds occurring in Chile and considered in biocontrol programs in the world

Género de malezas	País involucrado	Tipo de biorregulador
<i>Cuscuta</i>	Bahamas, Barbados	Insectos
<i>Cytisus (Teline)</i>	EUA	Insectos
<i>Orobancha</i>	URSS, Yugoslavia	Insectos, hongos
<i>Euphorbia</i>	EUA, Canadá	Insectos
<i>Rubus</i>	EUA	Insectos
<i>Salvinia</i>	Australia, Botswana, EUA, India	Insectos
<i>Senecio</i>	USA, Canadá	Insectos
<i>Silene</i>	Canadá	Insectos
<i>Heliotropium</i>	Australia	Insectos

Fuente: Goeden y otros (1974); Julien (1982, 1987); Piper (1985).

realizan actualmente pruebas de especificidad del hongo en la Estación Experimental Carillanca del INIA, como requisito previo a su introducción.

Aunque el control biológico clásico ha sido aplicado esencialmente sobre malezas de sistema de rotación larga, el método también ha sido utilizado en cultivos anuales. El caso más sobresaliente que ilustra esta

opción, es el exitoso control de la maleza perenne *Chondrilla juncea* L., en cultivos de trigo en Australia, en base al uso combinado de insectos, un ácaro y una raza específica de hongos del género *Puccinia*. Estos enemigos naturales han sido posteriormente introducidos a la región oeste de EUA, donde han logrado establecerse (Piper, 1985; Goeden, 1988).

Además del CBM Clásico, existen, según Wapshere y otros (1989), otras tres concepciones del CBM. El "Control Biológico Aumentativo", en el cual un agente biológico es criado y liberado masivamente en el área donde la maleza alcanza niveles dañinos. Generalmente, se utilizan enemigos naturales nativos en contra de malezas nativas. El agente biótico usado aumentativamente debe ser específico, manipulable, tener un ciclo de vida característico que permita su fácil crianza y almacenaje, y poseer suficiente virulencia para causar un daño rápido a la maleza después de su liberación. El enemigo natural no se perpetúa en las áreas infestadas, por lo cual se le libera continuamente durante la temporada o se sincroniza su liberación con la época del año en que su acción sea más eficaz. Los organismos usados más frecuentemente han sido hongos y nematodos (Wapshere y otros, 1989). Si embargo, insectos también han mostrado el potencial para ser manejados en forma aumentativa (Frick y

Wilson, 1980; Rosenthal y otros, 1984). Los hongos pueden ser aplicados como aspersiones de esporas o suspensiones de micelio, denominándosele entonces "micoherbicidas" (Daniel y otros, 1973; Te Beest y Templeton, 1985). Algunos de los ejemplos del uso de micoherbicidas y de su potencial, han sido señalados por Rosenthal y otros (1984). Dos compuestos de esta naturaleza ya han sido comercializados en EE.UU. y otros cinco se encuentran en etapa de investigación (Hatzios, 1987). La búsqueda de nuevos agentes bióticos, con potencial para ser utilizados como "bioherbicidas", también han tenido lugar en Canadá (Ormeño-Núñez, Reeleder y Watson, 1988).

El uso de organismos nativos, los cuales han establecido una estrecha asociación con especies malezas, también ha sido evaluado en diferentes regiones del mundo. En el Cuadro 5, se listan diferentes agentes bióticos nativos, los cuales han sido utilizados, o se

CUADRO 5. Enemigos naturales nativos utilizados en el mundo para el control biológico de especies o género de malezas también presentes en Chile

TABLE 5. Native natural enemies used in the world for the biocontrol of weed species or genus occurring in Chile

Enemigo natural	Ref. Tax. ¹	Maleza atacada	País
<i>Aceria</i> sp	Acaro	<i>Centaurea repens</i> L.	URSS
<i>Paranguina picridis</i> Kirjanova y Ivanova	Nematodo	<i>Centaurea repens</i> L.	URSS
<i>Puccinia punctiformis</i> (Strauss) Roehl	Hongo	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop	Dinamarca
<i>Colletotricum xanthii</i> Halst	Hongo	<i>Xanthium spinosum</i> L.	Australia
<i>C. gloeosporioides</i> (Penzig) Penzig y Saccardo	Hongo Micoherb.	<i>Cuscuta</i> spp	China
<i>Chelymorpha cassidea</i> (F.)	Insecto	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Canadá
<i>Chirida guttata</i> (Olivier)	Insecto	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Canadá
<i>Metriona purpurata</i> (Boheman)	Insecto	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Canadá
<i>Phomosis convolvulus</i>	Hongo	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Canadá
<i>Alternaria cuscutacidae</i> Rudak	Hongo	<i>Cuscuta</i> spp	URSS
<i>Melanagromyza cuscutae</i> Héring	Insecto	<i>Cuscuta</i> spp	URSS
<i>Bactra verutana</i> Zeller	Insecto	<i>Cyperus rotundus</i> L.	USA
<i>Cochliobolus lunatus</i> Nelson y Haasis	Hongo	<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) Beauv.	Holanda
<i>Phytomyza orobanchia</i> Kaltaenbach	Insecto	<i>Orobanche</i> sp	Yugoeslavia
<i>Fusarium oxysporum</i> var. <i>orthoceras</i>	Hongo	<i>Orobanche</i> sp	URSS
<i>Gastrophysa atrocyanea</i> Mots.	Insecto	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	Japón

Fuente: Julien (1982, 1987); Ormeño-Núñez y otros (1988).

¹Referencia taxonómica.

evalúan, en contra de malezas que también están presentes en Chile. Recientemente, Dennill y Morán (1989) han reeditado el gran potencial de artrópodos nativos para establecer nuevas asociaciones con hospederos introducidos, y que, por ende, podrían ser usados en forma eficaz y segura para el control biológico de malezas introducidas. Sin embargo, los organismos nativos, aunque valiosos, no siempre controlan eficazmente las plantas indeseables, debido a factores ecológicos que impiden la rápida multiplicación del agente biológico para producir daños de consideración al hospedero. Es en este tipo de situaciones donde se observa un mayor potencial para la implementación de proyectos de CBM aumentativo.

Otra de las concepciones de CBM es el "Control Biológico Conservativo", técnica más bien teórica y que no ha sido muy considerada. Se basa principalmente en la reducción de parásitos, predadores, y patógenos nativos que atacan a los insectos fitófagos nativos que consumen malezas nativas. Por último, se ha considerado dentro del CBM al método de "Amplio Espectro", el cual se sustenta en la manipulación artificial de la población de herbívoros, de tal manera que el nivel de ataque sobre la maleza, y el área de uso, sean restringidos, a fin de alcanzar un nivel de control de la maleza previamente establecido. Ejemplos de este tipo de control son el uso de animales de pastoreo, mamíferos acuáticos, y peces fitófagos (Wapshere y otros, 1989).

En consecuencia, el CBM clásico/inoculativo aparece como el más favorable económica y socialmente, en especial para países en desarrollo. Ello, debido a las razones ecológicas ya mencionadas y porque, al implementar proyectos de CBM clásico, los costos mayores ocurren sustancialmente al inicio de su aplicación y por una sola vez, mientras que el CBM aumentativo, así como el control químico y mecánico de malezas, requiere reiterados costos y uso de energía (Tisdell, Auld y Menz, 1984).

Las limitaciones más importantes del CBM clásico, son: el riesgo de que los enemigos naturales no sólo ataquen a la maleza sino también a plantas deseables, los conflictos de intereses que surgen si en el lugar de introducción la planta es considerada una maleza por una parte de la sociedad, o una planta deseable por otra, los altos costos iniciales involucrados en la búsqueda y determinación del rango de hospederos del agente biótico, el escaso interés de la industria a invertir en el desarrollo de un producto tradicionalmente no

patentable e inseguro en cuanto a ganancias de mercado, su selectividad por lo cual un reducido espectro de malezas es controlado, y su limitado potencial para el control de malezas en cultivos (Ennis, 1982; Tisdell y otros, 1984). Algunas de las desventajas del CBM, la carencia de infraestructura y personal especializado, así como el limitado financiamiento estatal y/o nulo apoyo de la empresa privada, y la falta de una política nacional de protección ambiental, han, probablemente, impedido materializar el uso sistemático del control biológico de malezas en Chile. El fuerte impacto social del CBM, dado que los resultados de su aplicación son esencialmente de beneficio público, especialmente en el caso del CBM clásico, han determinado, según Tisdell y otros (1984), un rol central del Estado en la implementación del CBM en comparación con el control químico y mecánico de malezas (Figura 1). No obstante, las características y potenciales beneficios del CBM aumentativo podrían progresivamente alentar a la empresa privada a tener una participación mayor en el desarrollo de biopesticidas para el combate contra las malezas.

PROCEDIMIENTOS PARA IMPLEMENTAR EL CBM

Los procedimientos para llevar a cabo un programa de CBM, han sido propuestos por Wapshere (1974) y Goeden (1977), e incluyen los siguientes ocho pasos esenciales: a) determinar si la maleza es apropiada para ser controlada bióticamente; b) realizar prospecciones de biorreguladores de la maleza en su nuevo hábitat; c) revisión de literatura, prospección, evaluación e identificación de agentes bióticos que atacan a la maleza, y de especies taxonómicamente cercanas a ésta, en su tierra de origen; d) estudio de especificidad de los biorreguladores para determinar su rango de hospederos y seguridad; e) pruebas de confirmación de especificidad de los agentes en cuarentena doméstica; f) liberación de los enemigos naturales más específicos; g) evaluación de establecimiento y eficacia; y h) redistribución de agentes a otras áreas.

La determinación de la especificidad y rango de hospederos es el procedimiento más importante de un proyecto de CBM. El método actualmente utilizado para determinar especificidad, es el de centrifugación filogenética, propuesto por Zwölfer y Harris (1971) y Wapshere (1974). Recientemente, Wapshere (1989) ha revisado y complementado los criterios usados para la determinación del rango de hospederos mediante la proposición del método de secuencia de prueba revertida.

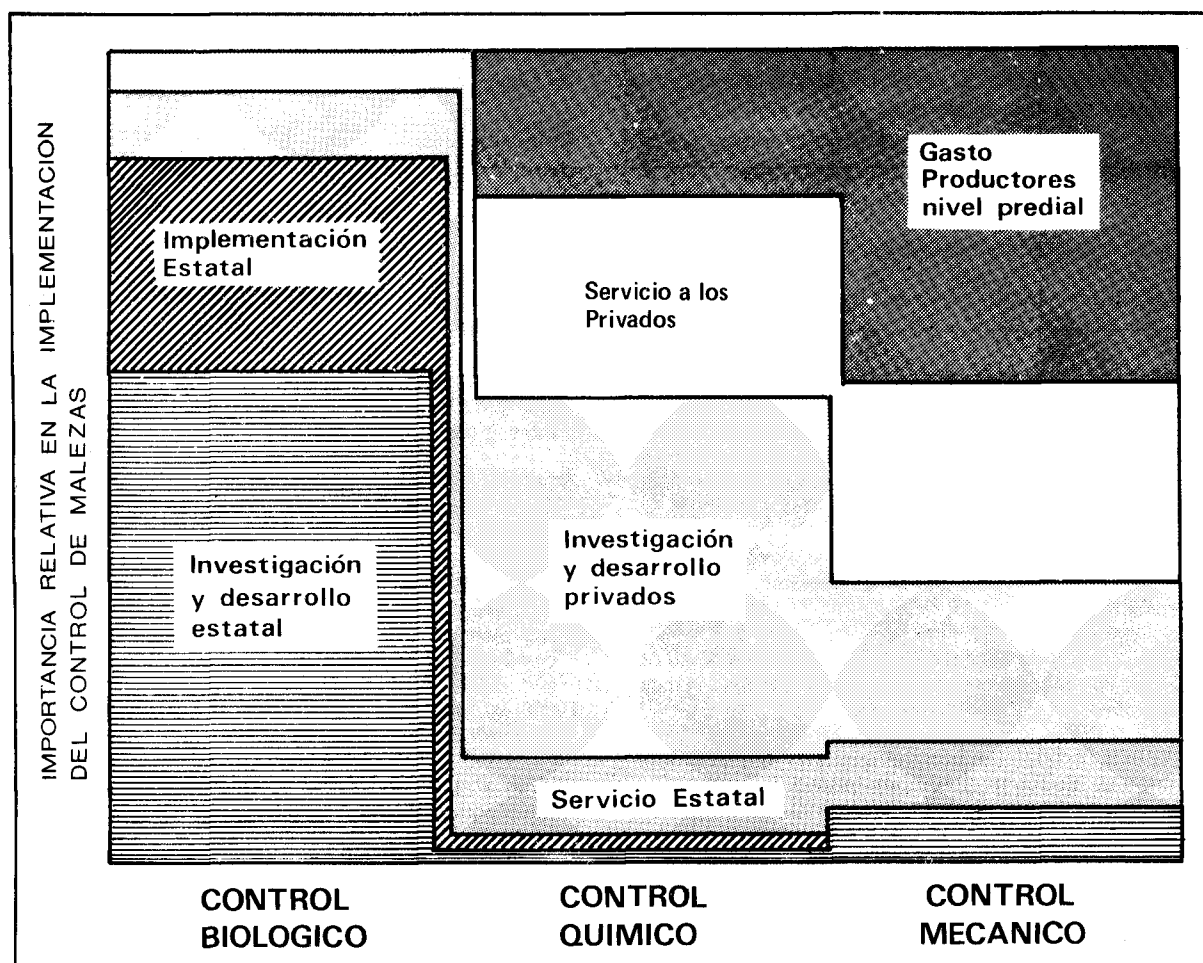


FIGURA 1. Estructura básica del control de malezas mostrando el aporte relativo del Gobierno, la industria y los agricultores en distintos métodos de combate. (Adaptado de Tisdell y otros, 1984).

FIGURE 1. Conceptual framework showing relative, importance of government, industry and on farm spending in various weed control methods. (From Tisdell et al, 1984).

RESUMEN

Se presentan aspectos históricos de las actividades de control biológico de malezas en Chile desde 1952, y se analiza los principios y el potencial de utilización del método en el país. Hasta la fecha, se han introducido tres insectos y dos hongos en contra de las malezas *Hypericum perforatum* L., *Rubus* spp, *Galega officinalis* L. y *Ulex europaeus* L. Todos los agentes biológicos utilizados con estas especies se han establecido, causando un grado de control que va desde sustancial a parcial.

Gran parte de las malezas existentes en áreas agropecuarias y silvícolas de Chile, son introducidas, y un número apreciable de ellas han sido expuestas al método de control biológico en otros países, particu-

larmente mediante la utilización de insectos. Consecuentemente, Chile podría ahorrar significativos recursos materiales y humanos al implementar proyectos de CBM, debido a que la búsqueda, y determinación de la especificidad y rango de hospederos de varios de los agentes bióticos a introducir al país, han sido ya ejecutados o están en vías de realizarse en los centros de CBM de países desarrollados. De este modo, para un número apreciable de especies malezas, es factible transferir los agentes bióticos con mayor potencial, para estudiarlos bajo cuarentena doméstica. En todo caso, antes de la eventual liberación de los enemigos naturales introducidos, se debe probar que éstos no ataquen a la flora nativa más estrechamente relacionada con la maleza motivo de control.

El hecho anterior, sumado a las características de origen, ciclo y hábitat de las malezas chilenas, el progresivo desarrollo y éxito del control biológico en regiones del mundo con flora indeseable y clima similares a las del país, y el impacto social y ecológico inherentes al método, sugieren perspectivas promisorias para la

implementación de programas de biocontrol de malezas, particularmente en las zonas centro-sur y sur de Chile.

Palabras claves: control biológico, control biológico de malezas, malezas, enemigos naturales fitófagos.

LITERATURA CITADA

- ANDRES, L.A. 1977. The economics of biological control of weeds. *Aquat. Bot.* 3: 111-123.
- ARS-AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE. 1976. Selected weeds of the United States. *Agriculture Handbook* Nº 366. 463 p.
- BEHRENDT, S. y HANF, M. 1979. Malezas gramíneas en los cultivos agrícolas. BASF, Aktiengesellschaft. Barcelona, España. 159 p.
- CLEMENT, S.L. and MIMMOCCI, T. 1988. Occurrence of selected flower head insects of *Centaurea solstitialis* in Italy and Greece. *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 90 (1): 47-51.
- CONTESSE, D. 1988. Desarrollo forestal chileno: orientación y factores decisivos. *Boletín Informativo de la Corporación chilena de la Madera A.G. (CORMA). Suplemento* Nº 1. 21 p.
- CRAWLEY, M.S. 1989. The successes and failures of weed biocontrol using insects. *Biocontrol news and information* 10 (3): 213-223.
- DANIEL, J.T., TEMPLETON, G.E., SMITH, R.J.Jr., and FOX, W.T. 1973. Biological control of northern joint vetch in rice with an endemic fungal disease. *Weed Science* 21: 303-307.
- DE BACH, P. 1964. *Biological Control of Insects Pests and Weeds.* Reinhold Publ. Co. N. York. 844 p.
- DE LOACH, C., CORDO, H.A. y CROUZEL, I. 1989. *Control Biológico de Malezas.* El Ateneo. Bs. As., Argentina. 266 p.
- DENNILL, G.B. and MORAN, V.C. 1989. On insect-plant associations in agriculture and the selection of agents for weed biocontrol. *Ann. appl. Biol.* 114: 157-176.
- ENNIS, W.B. 1982. Biological weed control in weed management in the developing countries. *Plant Production and Protection.* FAO. 44: 78-84.
- ESPINOZA, N. 1988a. Malezas en praderas. En: I. Ruiz (ed.). *Praderas para Chile.* INIA. Santiago, Chile. 723 p.
- ESPINOZA, N. 1988b. Malezas del sur de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile), Est. Exp. Carillanca (Temuco). *Boletín Técnico* Nº 117. 115 p.
- FRICK, K. E. and WILSON, R.F. 1980. Suitability of immature stages of *Bactra verutana* for use in mass releases. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 73: 674-678.
- GOEDEN, R.D. 1977. Biological control of weed. In: B. Truelove (ed.). *Research Methods in weed Science.* Auburn Printing Inc., Auburn, Alabama. 221 p.
- GOEDEN, R. D. 1988. A capsule history of biological control of weeds. *Biocontrol News and Information* 9(2): 55-61.
- GOEDEN, R.A., ANDRES, L.A., FREEMAN, T.E., HARRIS, P., PIENKOWSKI, R.L. and WALKER, C.R. 1974. Present status of projects on the biological control of weeds with insects and plant pathogens in the United States and Canadá. *Weed Science* 22: 490-495.
- HANF, M. 1983. *The Arable Weeds of Europe.* BASF United Kingdom Limited, 494 p.
- HARRIS, P. and CRANSTON, R. 1979. An economic evaluation of control methods for diffuse and spotted knapweeds in Western Canadá. *Can. J. Plant Sci.* 59: 375-382.
- HATZIOS, K.K. 1987. Biotechnology applications in weed management: now and in the future. *Advances in Agronomy* 41: 325-375.
- HAUKIOJA, E. and NEUVONEN S. 1987. Insect population dynamics and induction of plant resistance: the testing of hypothesis. In: P. Barbosa and J.C. Schultz (ed.). *Insect Outbreaks.* Academic Press, Inc. San Diego. 578 p.
- HITCHCOCK, A.S. 1950. *Manual of the Grasses of the United States.* USDA. Miscellaneous Publication Nº 200. 254 p.
- HOFFMAN A. 1979. *Flora Silvestre de Chile; Zona Central.* Fundación Claudio Gay. 254 p.
- INE-INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS, CHILE. 1989. *Compendio Estadístico.* 254 p.
- ISLA, R. 1959. Notes on the biological control of pest of agriculture in Chile. *FAO. Plant Prot. Bull.* 8: 25-30.
- JORDAN, E. 1954. Control biológico de la hierba de San Juan (*Hypericum perforatum* L. mediante *Chrysolina gemellata* Rossi y *Chrysolina hyperici* Forst. *Simiente* 24(1-4): 37-44.
- JOSEPH, C. 1931. Insectos chilenos para Nueva Zelandia. *Revista Universitaria:* 862-867.
- JULIEN, M.H. 1982. *Biological Control of Weeds: A World Catalogue of Agents and their Target Weeds.* *Commonw. Agric. Bur.* 108 p.

- JULIEN, M.H. 1987. *Biological Control of Weeds: A World Catalogue of Agents and their Target Weeds*. 2ª ed. Commonw. Agric. Bur. 144 p.
- JULIEN, M.H. 1989. Biological control of weeds worldwide: trends, rates of success and the future. *Biocontrol News and Information* 10: 229-306.
- LE BARON, H.M. and GRESSEL, J. 1982. *Herbicide Resistance in Plants*. John Wiley & Sons. N.York. 401 p.
- LOPEZ, H. and OLALQUIAGA, G. 1959. Biological control of St. Johns-wort in Chile. *FAO Plant Protection Bulletin* 7: 144-146.
- MARTICORENA, C. y QUEZADA, M. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana (Chile)* 42(1-2): 1-157.
- MATTHEI, O. 1963. *Manual Ilustrado de las Malezas de la Provincia de Ñuble*. Universidad de Concepción. Facultad de Agronomía. Chillán, Chile. 116 p.
- MILLER, D. 1970. Biological control of weed in New Zeland 1927-48. *N.Z. Dep. Sci. Ind. Res. Inf. Ser. N° 74*, 104 p.
- NAVAS, L.E. 1973. *Flora de la cuenca de Santiago de Chile*. Ediciones de la Universidad de Chile. Santiago, Chile. 301 p.
- NEW, D.A. 1984. *Ulex control in Chile: a national problem*. Informe de visita a Chile. Julio de 1984. 7 p.
- NORAMBUENA, H., CARRILLO, R. y NEIRA, M. 1986. Introducción, establecimiento y potencial de *Apion ulicis* como antagonista de *Ulex europaeus* en el sur de Chile. *Entomophaga* 31(1): 3-10.
- NOVOA, R., y VILLASECA, C. 1989. Mapa Agroclimático de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Santiago, Chile. 221 p.
- OEHRENS, E. 1962. Posibilidades de introducción de hongos uredinales como factores de control biológico para malezas dicotiledoneas de Chile. *Sociedad Agronómica de Chile*, XII Jornadas Agronomicas, 1962, La Serena, Chile. 20 p.
- OEHRENS, E. 1977. Control biológico de la zarzamora en Chile mediante la introducción de la roya *Phragmidium violaceum*. *Boletín Fitosanitario FAO* 25: 26-28.
- OEHRENS, E. y GONZALEZ, S. 1974. Introducción de *Phragmidium violaceum* (Schultz) Winter como factor de control biológico de zarzamora (*Rubus constrictus* Lef. et. M. y R. ulmifolius Schott.). *Agro Sur* 3: 30-33.
- OEHRENS, E. y GONZALEZ, S. 1975. Introducción de *Uromyces galegae* (Opinz) Sacc. como factor de control biológico de galega (*G. officinalis* L.) *Agro Sur* 3: 87-91.
- ORMEÑO N., JUAN. 1990. La galega. Investigación y Progreso Agropecuario, La Platina 61: 30-35.
- ORMEÑO-NUÑEZ, J., REELEDER, R.D. and WATSON, A.K. 1988. A foliar disease of field bindweed (*Convolvulus arvensis*) caused by *Phomopsis convolvulus*. *Plant Disease* 72: 338-342.
- PAPADAKIS, J. 1970. *Climates of the World. Their classification, similitudes, differences and geographic distribution*. Bs.As., Argentina. 49 p.
- PIPER, G.L. 1985. Biological control of weeds in Washington: Status report. In: E.S. Delfosse (ed.). *Proc. VI Int. Symp. Biol. Contr. Weeds*. 19-25 August 1984, Vancouver, Canadá.
- RAMIREZ, A. 1989. *Malezas de Chile*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Est. Exp. La Platina (Santiago), *Boletín Técnico N° 15*, 3ª ed. corregida. 80 p.
- ROBBINS, W., BELLUE, M., and BALL, W. 1941. *Weeds of California*. USDA. 491 p.
- ROSENTHAL, S.S., CLEMENT, S.L., HOSTETTLER, N. and MIMMOCCI, T. 1988. Biology of *Tyta luctuosa* (Lep.: Noctuidae) and its potential value as a biological control agent for the weed *Convolvulus arvensis*. *Entomophaga* 33(2): 185-192.
- ROSENTHAL, S.S., MADDOX, D. M. and BRUNETTI, K. 1984. *Biological Methods of Weed Control*. Thomson Publications, Fresno, CA. 88 p.
- TE BEEST, D.O. and TEMPLETON, G.E. 1985. Mycoherbicides: Progress in the biological control of weeds. *Plant Disease* 69: 6-10.
- TEMPLETON, G.E., TE BEEST, D.O. and SMITH, R.J. 1979. Biological weed control with mycoherbicides. *Ann. rev. Phytopathol.* 17: 301-310.
- TISDELL, C.A., AULD, B.A. and MENZ, K.M. 1984. On assessing the value of biological control of weeds. *Prot. Ecol.* 6: 169-179.
- WAPSHERE, A.J. 1974. A strategy for evaluating the safety of organisms for biological weed control *Ann. appl. Biol.* 77: 201-211.
- WAPSHERE, A.J. 1989. A testing sequence for reducing rejection of potential biological control agents for weeds. *Ann. appl. Biol.* 114: 515-526.
- WAPSHERE, A.J., DELFOSSE, E.S. and CULLEN, J.M. 1989. Recent developments in biological control of weeds. *Crop Protection* 8: 227-250.
- WILSON, F. 1960. A review of the biological control of insects and weeds in Australia and Australian New Guinea. *Commonw. Inst. Biol. Control. Tech. Commun.* 1-102.
- ZWÖLFER, H. and HARRIS, P. 1971. Host specificity determination of insects for biological control of weeds. *Ann. Rev. Entomol.* 16: 159-178.