

Forest Health Technology Enterprise Team

TECHNOLOGY
TRANSFER

Biological Control

Proceedings of a Conference: Training in the Control of *Sirex noctilio* by the Use of Natural Enemies

Edson Tadeu Iede
Erich Schaitza
Susete Penteado
Richard C. Reardon
Sean T. Murphy

Forest Health Technology Enterprise Team

Morgantown, WV



Forest
Service

FHTET 98-13
October 1998

**Proceedings of a Conference:
Training in the Control of
Sirex noctilio
by the Use of Natural Enemies**

Colombo, Brazil
November 4 to 9, 1996

Coordinators and Technical Reviewers:

Edson Tadeu Iede, Erich Schaitza, and Susete Penteado¹

Richard C. Reardon²

Sean T. Murphy³

¹EMBRAPA CNP Florestas, Colombo, PR, Brazil

²U. S. Department of Agriculture Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team,
Morgantown, WV, U.S.A.

³Centre for Agriculture and Bioscience International, Silwood park, Ascot, Berkshire, United
Kingdom

For additional copies of this publication, contact Edson Tadeu Iede or Erich Schaitza in Colombo, Brazil at (55)-41-766-1313; Richard C. Reardon in Morgantown, WV at (304)-285-1566 or Sean Murphy in Silwood Park, United Kingdom at (44)-34-487-2999

Acknowledgments

Thanks to the Brazilian Agricultural Corporation (EMBRAPA), National Center of Forestry Research (CNPq), the Centre for Agriculture and Bioscience International (CABI), and the USDA Forest Service Forest Health Technology Enterprise Team for coordinating this workshop. Special thanks to the two principal trainers, Dr. John Madden from the University of Tasmania, and Dr. Sean Murphy from CABI-Bioscience. Thanks also to Shirley Wilsey of Autometric Services Company for editing, layout, and design, and to Patty Dougherty for printing advice and coordination.

The use of trade, firm, or corporation names in this publication is for information only and does not constitute an endorsement by the U.S. Department of Agriculture.

The United States Department of Agriculture (USDA) prohibits discrimination in its programs on the basis of race, color, national origin, sex, religion, age, disability, political beliefs, and marital or familial status. (Not all prohibited bases apply to all programs.) Persons with disabilities who require alternative means for communication of program information (braille, large print, audiotape, etc.) should contact the USDA's TARGET Center at 202-720-2600 (voice and TDD).

To file a complaint, write the Secretary, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC 20250, or call 1-800-245-6340 (voice), or 202-720-1127 (TDD). USDA is an equal employment opportunity employer.

Contributors

Angelica M. Aguilar
Universidad Austral de Chile
Casilla 567, Valdivia
Chile

E. Botto
INTA
C.C. 25
1712 - Castelar
Argentina

Americo Iorio Ciociola
Universidade Federal de Lavras
Departamento de Fitossanidade
Caixa Postal 37
37200-000 - Lavras, MG
Brasil

J. Corley
INTA
C.C. 26 (R.N.)
8430 El Bolson - Rio Negro
Argentina

Wilson Reis Filho
EPAGRI
Caçador, SC
Brasil

G. Fritz
INTA
C.C. 26 (R.N.)
8430 El Bolson - Rio Negro
Argentina

Waldo Hinze
SAFCOL
P.O. Box 1771
Silverton 0127
Pretoria
Republic of South Africa

Edson Tadeu Iede
EMBRAPA Florestas
Estrada da Ribeira km 111
Caixa Postal 319
83411-000 - Colombo, PR
Brasil

Paula Klasmer
INTA
C.C. 26 (R.N.)
8430 El Bolson - Rio Negro
Argentina

John Madden
University of Tasmania
Agricultural Science Dept.
GPO Box 252C
Hobart 7001
Tasmania

Juan Francisco Porcile Maderni
Dirección Forestal
Av. 18 de Julio 1455, 6 piso
Montevideo 11.200
Uruguai

Sean T. Murphy
CABI-Bioscience
Silwood Park, Buckhurst Road
Ascot, Berkshire SL5 7TA
United Kingdom

Edilson Batista de Oliveira
EMBRAPA Florestas
Estrada da Ribeira km 111
Caixa Postal 319
83411-000 - Colombo, PR
Brasil

Susete do Rocio Chiarello Pentecado
EMBRAPA Florestas
Estrada da Ribeira km 111
Caixa Postal 319
83411-000 - Colombo, PR
Brasil

Cristian Perez
Corporación Nacional Forestal
Avenida Buines, 259, Santiago
Chile

Miguel Angel Poisson
Servicio Agrícola y Ganadero
Avenida Bulnes, 140 - Piso 3
Santiago
Chile

Richard C. Reardon
USDA Forest Service
Forest Health Technology Enterprise Team
180 Canfield Street
Morgantown, WV 26505
USA

Erich Schaitza
EMBRAPA Florestas
Estrada da Ribeira km 111
Caixa Postal 319
83411 - 000 - Colombo, PR
Brasil

Geof Tribe
Plant Protection Research Institute
Ryan Road Rosebank
Cape Town 770
Republic of South Africa

Preface

In South America, the rate of afforestation with exotic pines has dramatically increased during the last two decades. The countries of South America are dependent on plantations of fast-growing trees to help meet their national needs for lumber, pulpwood, fuelwood, and other wood products. Also, these plantations alleviate the pressure on some naturally occurring species in areas such as the Amazon Basin, Atlantic Forest, and Araucaria Forest. There are presently 5.0 million hectares of forest plantations in Brazil, of which 2.0 million hectares consist of various species of pines.

Pines in South America were relatively pest-free; however, in the early 1990s, several species of insects and fungi were accidentally introduced into the continent. These pests have caused widespread, serious damage. Several pest species now threaten the future viability of pine, as well as tree biodiversity as a component of South American forestry programs.

Sirex noctilio F. (Hymenoptera: Siricidae), is native to southern Europe, the Near East, and north Africa, where it is a secondary invader in the boles of weakened and dying pines. It is not considered a pest in its native habitat. This horntail is associated with a fungus, *Amylostereum areolatum*, which is toxic to certain pines. By the mid 1980s, *S. noctilio* was causing extensive mortality in New Zealand, Tasmania, and Australia.

Sirex noctilio was first reported in South America (in Uruguay in 1980). In 1988 it was found in the southern part of Brazil. It has caused widespread losses, and, in some local cases, has resulted in over sixty-percent mortality in pine plantations in Brazil and neighboring countries. In Brazil, the insect presently occurs in the southern states of Rio Grande do Sul, Santa Catarina, and Paraná, and covers an area of approximately 200,000 hectares of pine plantations. This region contains approximately sixty percent of the country's pine plantations. Current annual losses attributed to *S. noctilio* in this region are estimated at US\$ 5 million.

There is a tremendous potential for further spread of this pest in South America, especially into Chile, which has in excess of 1.3 million hectares of Monterey pine (*Pinus radiata* D. Don.) plantations. Additionally, countries such as the United States are potentially threatened by *S. noctilio* as international trade increases.

During the first meeting of the Permanent Working Group on Silvo-Agricultural Health, held in Brazil in 1992, the southern cone countries (Argentina, Brazil, Chile, and Uruguay) identified *S. noctilio* as the pest that poses the greatest threat to conifer plantations in South America. Also in 1992, a regional conference on *Sirex noctilio* was held in Florianópolis, Brazil. It was attended by representatives from Argentina, Brazil, Chile, Colombia, Paraguay, Uruguay, United States, and Venezuela. This was the first South American Regional Conference held to address a forest pest. Recommendations from the conference included creation of a national program to control *S. noctilio* that emphasizes biological control, using a complex of parasites, nematodes, and silvicultural methods (Ciesla 1993).

Brazil is a key country for U.S. Department of Agriculture Forest Service international activities, because of its large area of forested land (13 percent of the world's closed natural forest area, more than 30 percent of the closed broad-leaved forest of the tropics, and 33 percent of the total plantation area). The U.S. Department of Agriculture Forest Service has a unique capacity to advance the science and practice of sustainable forest management. U. S. Department of Agriculture Forest Service activities within Brazil are carried out through Memorandums of Understanding (MOU) with the National Resources Institute (IBAMA) and the Brazilian Agricultural Corporation (EMBRAPA). One aspect of these MOUs is to advance restoration and maintenance of forest health by assisting in reducing the spread of insects, diseases, and weeds that could impact Brazil and the United States.

In 1994, the U.S. Department of Agriculture Forest Service formed a comprehensive agreement with CABI Bioscience, Ascot, U.K. (formerly the International Institute of Biological Control) and several Australian organizations, in order to take advantage of other international expertise in the biological control of *S. noctilio*. Through this collaboration, and recognizing the recommendation of the 1992 workshop, a program of shipments of *S. noctilio* parasitoids from Australia to Brazil was begun in 1996. This international workshop on biological control, held at EMBRAPA, Colombo, PR State, Brazil, in November 1996, provided technical underpinning for this activity. The main purpose of the workshop was to provide a forum for countries to update the exchange of information on *S. noctilio* and to provide training in parasitoid rearing, release, and evaluation methods. Participants included representatives from Brazil, Argentina, Chile, Uruguay, South Africa, Australia, and the U.K. This Proceedings provides a record of the presentations at the workshop.

In 1997, a three-year participating agreement between the EMBRAPA and the U.S. Department of Agriculture Forest Service (97-PA-002) was signed. This agreement allows the parties to continue to work cooperatively on the development of an integrated pest management program for *Sirex noctilio*.

Richard C. Reardon
Sean T. Murphy

Contents

Exotic invasive species: a threat to forest health	1
Biological control of tropical forestry and agroforestry insect pests: a review	3
<i>Sirex</i> management: silviculture, monitoring, and biological control (an introduction)	15
Overview of <i>Sirex</i> control and development of management strategies in Australia	19
Practical aspects of <i>Sirex</i> control	23
Culture of siricids and parasitoids	27
Indigenous Siricid spp. parasitoid communities and principal biological control agents of <i>Sirex noctilio</i> in Australasia: a review	31
International cooperation regarding quarantine procedures	37
The release and evaluation of parasitoids in classical biological control projects: a brief review	41
<i>Sirex noctilio</i> problem in Brazil: Detection, evaluation, and control	45
Sampling methods for evaluating <i>Sirex noctilio</i> attack levels in <i>Pinus taeda</i> stands and for monitoring the efficiency of its natural enemies	53
Biological aspects of <i>Sirex noctilio</i> F. (Hymenoptera, Siricidae) and its parasitoid <i>Ibalia leucospoides</i> (Hymenoptera, Ibalidae).	61
Forest management for the prevention and control of <i>Sirex noctilio</i> in <i>Pinus taeda</i>	67
Organization of information on <i>Sirex noctilio</i> : a simple, practical, and inexpensive solution	77
<i>Sirex noctilio</i> F. : Present status in Uruguay	81
Activities for <i>Sirex noctilio</i> detection in Chile	83
Current situation in Chile of insects associated with <i>Pinus radiata</i> D. Don.: Developing a strategy to prevent the introduction of <i>Sirex noctilio</i> F.	85
Current status of research on <i>Sirex noctilio</i> F. in the Andean-Patagonian region in Argentina	89
Biological control of <i>Sirex noctilio</i> in South Africa	91
The distribution of <i>Sirex noctilio</i> in South Africa	93

Exotic invasive species: a threat to forest health

Richard C. Reardon

During the early 1990s, both members of the U.S. Congress and representatives of various land management agencies expressed concerns about the present and future health of America's forests, mainly because of several catastrophic pest outbreaks and fire episodes in the West. In an effort to address these concerns, in 1990 Congress amended the Cooperative Forestry Assistance Act of 1978 to strengthen U.S. Department of Agriculture Forest Service programs concerned with forest health. Specifically, Congress amended the authorising section in the act for the Forest Health Protection program to include forest health monitoring, technology development, and promotion of management measures to protect forest health. In response, the U.S. Department of Agriculture Forest Service and the U.S. Environmental Protection Agency, in cooperation with state forestry agencies and others, implemented a nationwide Forest Health Monitoring Program. Also, in 1993, the Forest Service updated its strategic plan for addressing forest health concerns. *Healthy Forests for America's Future, A Strategic Plan* outlines goals and actions for maintaining or restoring healthy forests on national and private lands.

Forest health is recognised as a matter requiring international cooperation. Both the threat exotic forest pests pose for the U.S. and the threat forest pests native to the U.S. pose for other countries, are of concern. The United States is taking action to improve international cooperation in forest health, specifically to strengthen cooperation in operational technologies for management of insects and diseases, to provide technical assistance to strengthen program capabilities, to enhance research capabilities for protecting forest health, and to develop a knowledge base on foreign pests. For example, in 1990, the U.S. Department of Agriculture received an industry proposal to import larch logs from Siberia. In 1991, the Forest Service completed a

pest risk analysis of importing Russian larch (*Larix* spp.) logs. It showed that potential damage could occur from one of several forest pests in Russia. Similar proposals were received for log importations from New Zealand and Chile. The pest risk assessment completed for New Zealand logs also found pests of concern if logs of Monterey pine (*Pinus radiata* D. Don) were to be imported without appropriate quarantine measures.

Meanwhile, land managers detected three new exotic forest pests in the United States in 1991 and 1992: the Asian strain of gypsy moth (*Lymantria dispar*), common European pine shoot beetle (*Tomicus piniperda*), and Eurasian poplar leaf rust. At the October 1993 meeting of the Insect and Disease Study Group of the North American Forestry Commission, the Study Group endorsed a proposal to prepare an exotic forest pest list for North America. Canadian, Mexican, and U.S. representatives are coordinating the development of this list, which identifies organisms significant for regulation; provides a basis for harmonisation of activities among North American countries; allows for a pro-active stance concerning new pest introduction by providing information on the biology, damage potential, and control options for a given pest; and provides the basis for developing strategies for dealing with newly introduced forest and wood pests.

Large areas of forests will continue to be susceptible to pests and will require future suppression efforts. Recent emphasis has focused on the use of biological control as the cornerstone of an integrated management approach to suppressing forest pests. For example, International Forestry Operations and the U.S. Department of Agriculture Forest Service, Forest Health Protection, are working together with Brazilian counterparts (e.g., Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA]) to develop methods for controlling, and to assist in reducing the spread

of, insects, diseases, and weeds that could impact United States economic interests. Our current focus is the horntail *Sirex noctilio* F., which is native to the pine forests of Europe and has been identified as the pest that poses the greatest threat to conifer plantations in South America.

Biological control of tropical forestry and agroforestry insect pests: a review

Sean T. Murphy

Introduction

Within the tropical region, defined here as the area lying between 27° north and south of the equator (Evans 1982), an increasing amount of land has been devoted to large- and small-scale tree plantations during the course of this century. In fact, during the last 30 years or so, afforestation and agroforestry programmes involving softwoods, hardwoods, and multipurpose trees have escalated in all parts of the tropics. This is largely because of the demands of forest industries, soil stabilisation programmes, and local fuelwood and fodder needs (Anon. 1985; Evans 1986).

Despite the fact that many tropical countries have invested in, and continue to invest in, forest monocultures, there is much evidence to show that plantations of this type seem to be at high risk from insect and other pests (Gibson and Jones 1977). To address these problems, many national forestry programmes have turned to biological control methods involving the use of natural enemies. This has been for a number of reasons. Firstly, forested regions are usually large, and thus the application of insecticides for the control of insect pests has been too expensive to contemplate by some countries. In contrast, some biological control strategies (for example, the introduction or "classical" technique) are cheap in comparison, and seem appropriate for large areas because natural enemies can usually disperse effectively by themselves. Secondly, and more generally, the long rotation time for most tree crops (30-100 years) and the infrequent application of silvicultural practices are, in principle, conducive to the use of natural enemies.

In view of the increasing economic importance of plantations to tropical countries and the problems posed by insect pests, it is necessary

that pest management strategies be critically reviewed so that their value in crop protection can be properly assessed.

Several authors (for example: Hall and Ehler 1979; Hall et al. 1980; Greathead 1986; Waage and Greathead 1988; Greathead and Greathead 1992) have used the historical records of the introduction technique in biological control to assess the success of this method in agriculture and forestry on a global basis, and to determine what factors, if any, influence the chance of success. Although these broad analyses have generated some useful statistics about the introduction technique in general, they provide little information about the success of this technique under particular environmental conditions. In this paper, we review the biological control projects of all types that have been implemented against tropical forest and agroforestry insect pests and discuss the opportunities and challenges for the further use of this form of pest management in tropical forestry.

Biological control projects

Traditionally in biological control, the introduction approach (i.e., the importation and release of specialised natural enemies from the area of origin of the pest) is the preferred method for exotic pests (see DeBach 1964) whereas all approaches (introduction, inoculation, and inundation) are used for native pests. One or more of these techniques is particularly suitable for pests of seedlings, saplings, or mature trees. Here we review the different types of biological control that have been implemented against native and exotic tropical forest insect pests in turn. Information about biological control projects was obtained in two ways. First, a search was made of the database BIOCAT (Greathead and Greathead 1992). This database, put together at the

International Institute of Biological Control (IIBC, now CABI-Bioscience), contains published information (source, pest, agent, and outcome) on all introductions to date of insect natural enemies against arthropod pests. In BIOCAT, every introduction of an agent species is treated as a separate record: thus in cases where several agents have been used against a particular pest species, BIOCAT will contain an equivalent number of records. Some of the limitations of the dataset that BIOCAT is based on have been discussed by Greathead and Greathead (1992). Second, a more general search was made of CAB International's (CABI's) vast database on agriculture and forestry, to locate projects on biological control involving other agents (e.g., pathogens) and techniques (e.g., augmentation projects involving native natural enemies).

Native pests

The search on native pests showed that the number of projects that have been implemented is small; on a worldwide basis

not more than about 20 species have been targeted. This is obviously only a very small proportion of the native pest spectrum worldwide. Despite the small number of projects undertaken, most regions of the tropics seem to have been active in the use of biological control methods against native pests. Most projects have been directed against pests of saplings and mature trees.

The biological control projects that have been conducted can be conveniently divided into two groups:

1. The introduction of exotic insect and microbial agents.
2. The augmentation of native insect and microbial agents.

Very few introductions of exotic insect agents seem to have been made (see Table 1).

Table 1. Introduction of agents against native tropical forestry insect pests				
Agents	Pest	Tree	Country	Outcome
Insects				
<i>Cedria paradoxa</i> Wilkinson	<i>Eutectona machaoralis</i> (Walker)	Toak	India	Not known
<i>C. paradoxa</i>	<i>E. machaoralis</i>	Toak	Burma	Not known
<i>Tolonomus alsophilae</i> (Vierrock)	<i>Oxydia trychiata</i> Guenée	Cypress	Columbia	Successful control
Hymenopterous parasitoids	<i>Hypsipyla grandella</i> (Zollner)	Mahogany	Brazil & several Caribbean countries	Failed
Hymenopterous parasitoids	<i>Hyblaea puera</i> (Cramer)	Toak	India	Not known/failed
Hymenopterous parasitoids	<i>H. puera</i>	Toak	India	Not known/failed
Bacteria				
<i>Bacillus thuringiensis</i> Berliner	<i>Pachypasa capensis</i> (Linnaeus)	Pines	South Africa	Still being researched
<i>B. thuringiensis</i>	<i>Euproctis terminalis</i> Walker	Pines	South Africa	Still being researched
<i>B. thuringiensis</i>	<i>Dendrolimus punctatus</i> (Walker)	Pines	China	Still being researched?
Viruses				
Cytoplasmic polyhedrosis virus	<i>D. punctatus</i>	Pines	China	Still being researched

In Columbia, the geometrid defoliator *Oxydia trychiata* (Lepidoptera) has moved over from natural hardwood trees to plantations of exotic cypress where it has caused substantial damage. However, in 1975, an egg parasitoid, *Telenomus alsophilae* (Hymenoptera: Scelionidae), was imported from the USA, released, and brought the pest under control (Bustillo and Drooz 1977). A number of biological control projects undertaken in 1960s and 1970s have been attempted against the mahogany shoot borer, *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae), in various Caribbean countries and in Brazil. Twelve parasitoid species have been collected from the more diverse natural enemy complex of *Hypsipyla robusta* (Moore) in India and have been tried against the pest. Most of the parasitoids failed to establish. A few species established but failed to control the pest, and in the remaining cases the results of the releases are unknown. The reasons for the failures of these projects are unknown, but only a small proportion of the parasitoids recorded from *H. robusta* have been

tried. Similar attempts were made to control teak defoliators in India and Burma in the 1930s and 1940s using parasitoids from India, but again the projects either failed or results are unknown (Rao et al. 1971).

There seem to be only two well-documented records of the augmentation of native insect natural enemies. Both these projects were undertaken in China and have involved the seasonal inoculative releases of parasitoids. In the first case (see Table 2, bottom of this page) inoculative releases of the bethylid *Sclerodermus guani* (Hymenoptera: Bethyridae) have been made for the control of the cerambycid borer *Semanotus sinoauster* (Coleoptera), a serious pest of the Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) (Zhang et al. 1989). In the second case, inundative releases of the parasitoid *Trichogramma dendrolimi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) have been made against the widespread lasiocampid defoliator *Dendrolimus punctatus* (Lepidoptera) (Yan and Lui 1992). Both projects claim the successful seasonal control of these pests.

Table 2. Augmentation of native agents against native tropical forestry insect pests

Agents	Pest	Tree	Country	Outcome
Insects				
<i>Sclerodermus guani</i> Xlao and Wu	<i>Semanotus sinoauster</i> Grossit	Chinese fir	China	Successful control
<i>Trichogramma dendrolimi</i> Matsumura	<i>Dendrolimus punctatus</i> (Walker)	Pines	China	Successful control
Fungi				
<i>Beauveria bassiana</i> (Bals.) Vuill.	<i>D. punctatus</i>	Pines	China	Successful control
<i>Metarhizium anisopliae</i> (Metsch.)	Termites	Eucalyptus	Australia	Failed but still being researched
Viruses				
Nuclear polyhedrosis virus	<i>Hyblaea puera</i>	Teak	India	Still being researched
Nematodes				
<i>Steinernema feltiae</i> (Filipjov)	<i>Zeuzera multistrigata</i> Moore	Casuarina	China	Successful control

Attempts at using microbial agents in the tropics against forest pests are still in their infancy. The focus, to date, has been on microbial agents that can be applied as biopesticides. South Africa and China (see Table 1, page 4) are both researching the use of the bacterium *Bacillus thuringiensis* for the control of lasiocampid and lymantriid defoliators (Anon. 1993a; 1993b); China is also investigating the use of a Japanese cytoplasmic polyhedrosis virus for the control of *D. punctatus* (Chen 1992). Unfortunately, the cost of production of some of these microbes is sometimes too high for their use to be economical (Chen 1992; Anon 1993b). However, recent advances in cheap production techniques for native microbial agents has opened up ways for these agents to be augmented in a practical and economic way (see Table 2, preceding page).

In India methods are being investigated for utilising natural epizootics of a nuclear polyhedrosis virus of the teak defoliator, *Hyblaea pueri* (Lepidoptera: Hyblaeidae), to control the pest in areas where the virus is absent (Nair, pers. comm.). These viruses can, for example, be applied by ground spraying crude aqueous suspensions of diseased insect larvae. This method has been effectively employed for the control of diprionid sawflies in Canada (Cunningham and De Groot 1980). Similar work is being conducted in China for the control of lepidopterous defoliators (Anon. 1993b). Research on local fungal pathogens for the control of tropical forest insects is also being conducted in some countries; these pathogens can very often be cheaply produced using local raw materials. For example, in China, aerial applications of a local strain of *Beauveria bassiana* have been used to control outbreaks of *Dendrolimus punctatus*. A mortality of 42% to 92.9% of larvae in the field was achieved (Anon 1993b).

The fungal pathogen *Metarhizium anisopliae* is being investigated in Australia for the control of termites on eucalypts. Initial trials were not successful (Hanel and Watson 1983), but a new, more pathogenic, isolate of the fungus has now been selected and is being field tested (Milner 1992). There is one example where successful control has been achieved by the use of a

nematode. In China, the carpenter worm, *Zeuzera multistrigata* (Lepidoptera: Cossidae), causes damage to *Casuarina* trees by boring into the bole of the tree. To control the moth, a water suspension of the nematode *Steinernema feltiae* is applied to the frass-ejecting holes made in the tree by the pest (Xiao 1991).

In conclusion, the different techniques of biological control that have been implemented or are being researched for the control of native tropical forest pests can be considered encouraging. However, it seems that much work still needs to be done to enable insect agents to be properly utilised. Furthermore, initial work with exotic microbes suggests that production costs may limit the use of some species.

Exotic pests

An examination of the dataset in BIOCAT and additional literature indicated that projects for biological control of exotic pests have involved introductions of exotic insect natural enemies only, and these have been mostly against pests of saplings and mature trees. A summary of these introductions of agents taken from the BIOCAT database is shown in Table 3.

Table 3. Introduction of insect agents against exotic tropical forestry insect pests

Number of countries	20
Number of pest species	17
Number of agent species imported	43
Number of separate introductions of agents of all species	59
Number of establishments	20

Data from BIOCAT: Greathead and Greathead (1992)

The figures in Table 3 reflect the facts that some pests are present in more than one country, and that, in some countries, several agent species have been introduced against a single pest species. A high proportion of agent introductions has been made in Africa and the surrounding islands; in contrast, very few introductions have been made in Latin America. Of the 59 introductions, 20 (34%) have resulted in the establishment of the agent. This figure disregards whether or not the agent also brought about, or contributed to, the control of the pest in question.

Of course, of more importance to the current analysis is the success rate of projects on a pest-country basis; i.e., whether or not a particular pest in a country has been successfully controlled by the introduction of one or more agent species. Table 4 shows that a total of 35 projects have been undertaken.

Table 4. Outcome of introduction projects against exotic pests on a pest-country basis

Number of projects	35
Number of successful projects	15
Number of unsuccessful projects*	9
Number of projects where state of pests (i.e., controlled or not controlled) is unknown	11
Percentage of successful projects where outcome is known	62.5%

*Some agents may have established in these projects but not brought about control of pests. Data derived from BIOCAT: Greathead and Greathead (1992)

Of these, the outcomes are unknown in a high proportion (31%) of cases. Where the outcome is known, approximately 62% of introduction projects can be counted as successful.

Some examples of particularly successful introduction-type biological control projects against exotic tropical forestry pests are summarised in Table 5 .

Table 5. Examples of successful introduction projects against exotic tropical forestry insect pests

Agents	Tree	Agent	Country	Reference
<i>Cinara cronartii</i> Tissot & Pepper	Pines	<i>Pauesia cinarivora</i> Marsh	South Africa	van Rensburg (1992)
<i>Coniperus scutellatus</i> Gyllenhal	Eucalypts	<i>Anaphes nitens</i> (Girault)	Kenya South Africa St. Helena Madagascar Mauritius	Greathead (1971)
<i>Orthesia insignis</i> Browne	Ornamental Trees	<i>Hyperasis patherina</i> (Fursch)	Kenya Tanzania	Greathead (1971)
<i>Pinus</i> sp.	Pines	<i>Leucopsis tapiae</i> Blanchard	Uganda	Culliney et al (1988)
<i>Trachymela tincticollis</i> Blackburn	Eucalypts	<i>Enoggera reticulata</i> Naumann	Hawaii South Africa	Tribe (1992)

In an analysis of all BIOCAT records (agricultural and forestry), Greathead and Greathead (1992) showed that the Homoptera have been the most frequently targeted order for the introduction technique. It is within this order that most successes (success being judged on the basis of the number of cases where the introduction of an agent resulted in control) have been achieved. Unfortunately, the dataset on introduction against tropical forest insect pests is not large enough to conduct a similar, meaningful analysis. Further examination of the dataset indicates, however, that most introductions (see Table 6) have been focused on pines, eucalypts, and *Leucaena*. This is because tree species within these genera have been widely planted throughout the tropics and have, therefore, attracted more pest species than other tree genera.

Table 6. Introduction of agents against exotic insects in relation to tree genera

Pines	17
Eucalyptus	9
<i>Leucaena</i>	10
Other (some 7 genera)	23

Data from BIOCAT: Greathead and Greathead (1992)

The insect agents used in introduction projects against tropical forest insect pests have most been species from the orders Hymenoptera and Coleoptera (see Table 7). This is consistent with more general analyses of natural enemy introductions (Greathead and Greathead 1992).

Table 7. Agents used in introductions against tropical forestry insect pests

Order	Number of species	Number of introductions
Hemiptera	5	6
Neuroptera	1	5
Diptera	5	8
Coleoptera	14	25
Hymenoptera	14	20

Data from BIOCAT: Greathead and Greathead (1992)

A summary of some less successful introduction projects is shown in Table 8 (bottom of this page).

All of the less-successful cases concern homopteran pests. In the first three, successful control of the pest has been achieved in another part (or several other parts) of the world. Possible reasons for failure in the particular instances listed seem to include the selection of an inferior agent or an inadequate release method. In the case of the project against *Orthezia insignis* in Malawi, the actual success of the project is somewhat in dispute, largely because the impact of the agent, *Hyperaspis patherima*, was inadequately monitored (Greathead 1971).

Table 8. Examples of 'unsuccessful' introduction projects against exotic tropical forestry insect pests

Pest	Tree	Agent	Country	Reference	Comments on project
<i>Heteropsylla cubana</i> Crawford	<i>Leucaena</i>	<i>Curinus cooruleus</i> Mulsant	India Indonesia	Jalahi & Singh (1989) Waterhouse & Norris (1987)	Try another agent? (parasitoid)
<i>Icerya purchasi</i> Maskell	Pinos	<i>Cryptochetum iceryae</i> Williston	Sao Tomé India	Greathead (1971) Rao et al (1971)	Try another agent? [<i>Rodolia cardinalis</i> (Mulsant)]
<i>Orthezia insignis</i> Brown	Ornamentals	<i>Hyperaspis patherima</i> (Fursch)	Malawi	Greathead (1971)	Success/failure in dispute. Precise monitoring required.
<i>Pineus boomeri</i> Annand	Pinos	<i>Leucopis</i> spp.	Kenya	Owuor (1991)	Agents successful elsewhere. New release method required.

In summary, it seems that the introduction approach for exotic tropical forestry pests has been a particularly successful strategy. An examination of "failed" projects has indicated a number of reasons why these projects might have failed, but none of the problems identified pose a constraint on the further use of the introduction technique. One shortcoming of past work, though, is the large number of projects where the results of the releases are unknown.

Discussion

Native pests of tropical plantation trees are extremely numerous in many parts of the tropics. In some regions, notably Asia, some species are regional in distribution and cause a vast amount of damage to their host trees. It is ironic, therefore, that so little work on biological control has been undertaken. Given that the different methods of biological control implemented against some of these pests show much promise, there is a vast opportunity to apply these techniques to other forestry pests throughout the tropics. The use of exotic insect agents for the control of native pests is, in itself, an under-exploited technique, but in principle has great potential (Carl 1982). Clearly, though, more emphasis needs to be placed on agent selection. The opportunity for developing the use of local microbial agents (for example, fungal pathogens) also looks promising, but given that these agents have to be mass produced before application, their use over large forested areas may be limited. They may have more potential for the control of pests of seedlings or pests of trees grown in small woodlots such as in agroforestry systems. Such an approach may also be useful for the control of exotic pests in these systems. Examples of native pests where urgent work on their biological control is needed include: the teak defoliator (*Hyblaea puera*), the teak skeletonizer *Eutectona machaeralis* (Lepidoptera: Pyraustidae), and pine shoot borers, *Dioryctria* spp. (Lepidoptera: Phycitidae), in Asia; and the pan-tropical mahogany shoot borers (*Hypsipyla* spp.) and termites of various species (Isoptera: Macrotermitinae) which are problematic throughout the tropics.

Workers on the biological control of native pests face several major challenges. First, there is an increasing need for biological control to be integrated with silvicultural and tree-breeding approaches to pest control; in other words, for biological control to become part of an integrated pest management (IPM) approach to pest problems. Reasons for this are:

1. Very often different approaches to pest control run tangentially to one another, which results in conflicting advice about which strategy should be best adopted for a particular pest problem.
2. Some silvicultural practices and some resistant tree types can be detrimental to insect natural enemies (Hebert et al. 1989; Speight and Wainhouse 1989). For this reason alone, it is necessary to integrate research projects that focus on different techniques.
3. Some degree of resistance within a tree species, together with the right silvicultural practices and the introduction and/or augmentation of natural enemies, may provide acceptable levels of control where any one method alone is not effective by itself (Speight and Wainhouse 1989).

Second, although introduction and augmentation strategies appear attractive for the control of native pests of tropical plantations, these activities are, nonetheless, reactive; i.e., action is only taken once a problem has developed. A better goal might be to try to prevent the risks of native pest outbreaks from occurring in the first place through the conservation of natural enemies. This subject has received little attention in forestry.

Many opportunities exist for the further use of the introduction technique for the control of exotic pests. Some initiatives are already underway. For example, two regional pests of conifers in southern and eastern Africa, the cypress aphid, *Cinara cupressi*, and the pine woolly adelgid, *Pineus ?boernerii* (Homoptera: Adelgidae), are the subjects of a regional classical biological control project being

undertaken by CABI-Bioscience (formerly IIBC) (Murphy et al. 1994). Other examples include projects against the neem scale, *Aonidiella orientalis* (Newstead) (Homoptera: Diaspididae), in Nigeria, and the leucaena psyllid, *Heteropsylla cubana*, in East Africa. However, much more remains to be done. For pan-tropical pests, insect agents that have been successfully employed in one region or continent could be transferred to other regions where the pest remains uncontrolled. For example, the wood wasp, *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae), has been successfully controlled in Australia by the use of a nematode and ichneumonid parasitoids (Berryman 1986). *Sirex noctilio* is still, however, a major problem in many pine-producing countries in South America (Pedrosa-Macedo 1990). Although some agents have been introduced into Brazil and Uruguay for trial (Vibrans 1991), efforts need to be made to introduce all of the agents that are known to be important; otherwise the successful control of the wood wasp is unlikely to be achieved.

There are also several exotic pests which are excellent targets for biological control through the use of insect natural enemies against which no action seems to have been taken. The reasons for this are unclear, but one reason might be that the impact of these pests on their tree hosts has not been quantified. Examples include the Australian eucalyptus psyllid, *Ctenarytaina eucalypti* (Maskell) (Homoptera), in Africa (Kenya Forestry Research Institute, unpublished data), the North American scolytid bark beetles, *Ips calligraphus* (Germar) and *Ips grandicollis* Eichhoff (Coleoptera), that attack pines in Jamaica (Garraway 1986), and pyralid shoot borer, *Rhyacionia frustrana* (Comstock) (Lepidoptera), that originates from the eastern USA and attacks pines in Central America (Ford 1986). All of these species, apart from *I. calligraphus*, have been or are currently the subjects of very promising biological control projects in temperate regions.

Another opportunity that may be appropriate to the introduction approach relates to the use of microbes. To date, the focus of introduction projects has been on the use of insect agents, mostly hymenopterous parasitoids and coccinellid beetles. However, recent research has demonstrated the potential of microbial

agents for the control of insect and other pests. Some of these agents, e.g., entomophthorales fungi, are particularly suitable for the introduction approach because they do not need to be mass cultures. These fungi may be useful against forest pests such as aphids or defoliators. Consideration should also be given to the possible augmentation of local microbes against exotic pests of seedlings.

A number of challenges exist which future introduction projects against exotic pests need to take into account. For example, although this technique has been very successful, an analyses of "failed" projects has indicated that improvements in the success rate of projects might be made if greater effort were put into factors such as agent selection and the monitoring of releases. Pschorn-Walcher (1977), in a review of the introduction approach in forest insect pest management, argues that pre-introduction studies on agents for the control of these types of pests are particularly appropriate, because of the complex nature of the structure and diversity of the natural-enemy complexes associated with forest insects. Besides this, the fact that the results of a high proportion of introduction projects are unknown suggests that a much greater effort needs to be channelled into the monitoring of releases. In addition to these points, and as already discussed for native pests, there is an increasing need for the introduction approach to be integrated with silvicultural and tree-breeding approaches to pest control.

In conclusion, tropical plantations, large and small, are important to the economies of many countries and to the livelihoods of rural people. In many instances, the plantations have been established or developed with the support of international funding, and thus cheap and efficient ways must be found to help protect these man-made forests against the invasions of insect and other pests. On the basis of general considerations and examination of the records of the use and outcome of biological control in tropical forestry, we suggest that this method of control is appropriate for the management of many native and exotic insect pests. However, there is a need, in some instances, to integrate biological control with other methods of

control. For native pests there is also a need to look more closely at the conservation of natural enemies so that pest management for this group of pests becomes more a proactive rather than a reactive exercise.

Acknowledgements

We thank Moses Kairo for help with the BIOCAT database and David Greathead, Chris Prior, and Ren Wang for useful discussions.

References

- Anon. 1993a. Annual report of the Plant Protection Research Institute. Pretoria, South Africa: Plant Protection Research Institute. 11 p.
- Anon. 1993b. A general introduction to the research achievements on the major forest insects in China. Report. Beijing, China: Chinese Academy of Forestry. 8 p.
- Berryman, A. A. 1986. Forest insects. New York and London: Plenum Press. 279 p.
- Bigger, M. 1988. The insect pests of forest plantation trees in the Solomon Islands. Chatham, UK: Overseas Development Natural Resources Institute. 190 p.
- Bustillo, A. E.; Drooz, A. T. 1977. Co-operative establishment of a Virginia (USA) strain of *Telenomus alsophilae* on *Oxydia traychiata* in Colombia. *Journal of Economic Entomology*. 70: 767-770.
- Carl, K. P. 1982. Biological control of native pests by introduced natural enemies. *Biocontrol News and Information*. 3:191-200.
- Chen, C. 1992. A general survey using cytoplasmic polyhedrosis virus to control masson pine caterpillar *Dendrolimus punctatus* in China. Report. Beijing, China: Chinese Academy of Forestry. 112 p.
- Cock, M. J. W., ed. 1985. A review of biological control of pests in Commonwealth Caribbean and Bermuda up to 1982. Technical Communication No. 9 of the Commonwealth Institute of Biological Control. Slough, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux. 218 p.
- Cunningham, J. C.; De Groot, P. 1980. *Neodiprion lecontei* (Fitch) redheaded pine sawfly (Hymenoptera: Diprionidae) In: Kelleher, J. S.; Hulme, M. A., eds. Biological control programmes against insects and weeds in Canada. Slough, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux. 323-239.
- Culliney, T. W.; Beardsley, J. W., Jr.; Drea, J. J. 1988. Population regulation of the Eurasian pine adelgid (Homoptera: Adelgidae) in Hawaii. *Journal of Economic Entomology*. 81: 142-147.
- DeBach, P., ed. 1964. Biological control of insects pests and weeds. London: Chapman and Hall. 844 p.
- Evans, J. 1982. Plantation forestry in the tropics. Oxford, UK: Clarendon Press. 432 p.
- Evans J. 1982. Plantation forestry in the tropics: trends and prospects. *The International Tree Crops Journal*. 4: 3-15.
- Ford, L. B. 1986. The Nantucket pine-tip moth. *Turrialca*. 36: 245-248.
- Garraway, E. 1986. The biology of *Ips calligraphus* and *Ips grandicollis* (Coleoptera: Scolytidae) in Jamaica. *Canadian Entomologist*. 188: 113-121.
- Gibson, I. A. S.; Jones, T. 1977. Monoculture as the origin of major forest pests and diseases, especially in the tropics and southern hemisphere. In: Cherratt, J. M.; Sagar, G. R., eds., *Origin of pests, parasite, disease and weed problems*. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications. 413 p.
- Greathead, D. J. 1971. A review of biological control in the Ethiopian region. Technical Communication No. 5. of the Commonwealth Institute of Biological Control. Slough, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux. 162 p.
- Greathead, D. J. 1986. Parasitoids in classical biological control. In: Waage, J. K.; Greathead,

- D. J., eds. Insect parasitoids. 13th Symposium at the Royal Entomological Society of London. London, UK: Academic Press. 389 p.
- Greathead, D. J.; Greathead, A. H. 1992. Biological control of insect pests by insect parasitoids and predators: the BIOCAT database. *Biocontrol News and Information*. 13: 61-68.
- Hall, R. W.; Ehler, L. E. 1979. Rate of establishment of natural enemies in classical biological control. *Bulletin of the Entomological Society of America*. 25: 280-282.
- Hall, R. W.; Ehler, L. E.; Bisabri-Ershadi, B. 1980. Rate of success in classical biological control of arthropods. *Bulletin of the Entomological Society of America*. 26: 111-114.
- Hanel, H.; Watson, J. A. L. 1983. Preliminary field tests on the use of *Metarhizium anisopliae* for the control of *Nasutitermes exitiosus* (Hill) (Isoptera: Termitidae). *Bulletin of Entomological Research*. 73: 305-313.
- Hebert, C.; Cloutier, C.; Regnierre, J. 1989. Factors affecting the flight activity of *Winthemia furniferanae* (Diptera: Tachinidae). *Environmental Entomology*. 19: 293-302.
- Jalali, S. K.; Singh, S. P. 1989. Release and recovery of an exotic coccinellid predator *Curinus coeruleus* (Huls.) on subabul psyllid, *Heteropsylla cubana* Crawford. in India. *Journal of Insect Science*. 2: 58-159.
- Milner, R. J. 1992. Selection and characteristics of *Metarhizium anisopliae* for control of soil insects in Australia. In: Lomer, C. J.; Prior, C., eds. *Biological control of locusts and grasshoppers*. Proceedings of a workshop, International Institute of Tropical Agriculture. Cotonou, Benin; 29 April-1 May 1991. Wallingford, UK: CAB International. 200-207.
- Murphy, S. T.; Chilima, C. J.; Cross, A. E.; Abraham, Y. J.; Kairo, M. T. K.; Allard, G. B.; Day, R. K. 1994. Exotic conifer aphids in Africa: ecology and biological control. In: Leather, S. R.; Watt, A. D.; Mills, N. J.; Walters, K. F. A., eds., *Individuals, populations and patterns in ecology*. Andover, UK: Intercept. 233-242.
- Owuor, A. L. 1991. Exotic conifer aphids in Kenya, their current status and options for management. In: *Exotic aphid pests for conifers: a crisis in African forestry*. Proceedings of a workshop, Kenya Forestry Research Institute. Muguga, Kenya; 3-6 June 1991. Rome, Italy: Food and Agriculture Organisation of the United Nations. 58-63.
- Pedrosa-Macedo, J.H. 1990. Protection of forests in the tropics: regional priorities for Latin America. Unpublished report presented at IUFRO's XIX congress. Montreal, Canada; August 1990. 8 p.
- Pschorn-Walcher, H. 1977. Biological control of forest insects. *Annual Review of Entomology*. 22: 1-22.
- Rao, V. P.; Ghani, M. A.; Sankaran, T.; Mathur, K. C. 1971. A Review of the biological control of insects and other pests in south-east Asia and the Pacific region. Technical Communication No. 6 of the Commonwealth Institute of Biological Control. Slough, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux. 49 p.
- Speight, M. R.; Wainhouse, D. 1989. *Ecology and management of forest insects*. Oxford, UK: Clarendon Press. 374 p.
- Tribe, G. D. 1992. Neutralisation of the eucalyptus tortoise beetle. *Plant Protection News*. 29: 5.
- Van Rensburg, N. J. 1992. The black pine aphid: a success story. *Plant Protection News*. 28: 5-6.
- Vibrans, A. 1991. Zur biologischen bekämpfung der holwespe (*Sirex noctilio* F.) In: *Brazilien Forstarchiv*. 62: 97-99.
- Waage, J. K.; Greathead, D. J. 1988. Biological control: Challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B*. 318: 111-128.

- Waterhouse, D. F.; Norris, K. R. 1987.
Biological control: Pacific prospects.
Melbourne, Australia: Inkata Press. 454 p.
- Xiao, G., ed. 1991. Forest insects of China.
Beijing, China: China Forestry Publishing
House. 1362 p.
- Yan, J.; Lui, H. 1992. A review of development
of studies on utilising parasites and
predators of forest pests in China. Shaami
Forest Science and Technology. 2: 24-28.
- Zhang, L.; Sung, S.; Huang, H.; Li, X.; Qui, L.
1989. Biological control of a wood borer in
China. IPM Practitioner. XI: 5-7.

Sirex management: Silviculture, monitoring, and biological control (an introduction)

John Madden

Although the subject of this workshop is "Training in the Control of *Sirex noctilio* by the use of parasitoids", nematodes play a complementary role, and the rigorous execution of silvicultural practices and management at the correct time is necessary. It is appropriate therefore to reflect on the early attempts to control *Sirex* within the context of the host tree and the dynamics of *Sirex* infestation and outbreak behavior. This discussion is extended to highlight key strategic aspects of *Sirex* management which, in practice, are considered more fully in subsequent contributions.

A number of hypotheses have been advanced as to the cause of *Sirex* outbreaks. Rawlings and Wilson (1949) feature the incidence of drought and tree suppression as causal factors. These authors also stress the importance of sound silviculture. In a review of major outbreaks in Australasia, Madden (1988) found that most outbreaks were characterized by managerial or environmental events which preceded the damage attributed to *Sirex* and which negatively affected plantation performance at the individual tree level. Such events included thinning and harvest operations during the *Sirex* flight season, fire (in the case of outbreaks at Mt. Gambier), and wind damage, as experienced at two sites in Tasmania.

The capacity of the host tree, Monterey pine (*Pinus radiata* D. Don), to progressively reduce the activity of its physiological systems to basal metabolic levels in response to increasing soil-water deficits (Rook et al. 1976) strongly suggests that drought per se is not a causal factor. The response of the tree to either progressive drought or low availability of water due to intense root competition in overstocked stands is an adaptation which

favours survival during periods of environmental stress.

But the weakening effects of fire or the accumulation of slash resulting from thinning or harvesting operations during the *Sirex* flight season, and excessive damage and slash arising from forest operations during the flight season, can provide a supply of host material suitable for *Sirex* larval development. In addition, the occurrence of high-intensity rainfall over a short period of time can briefly terminate the period of aestivation, which, in the absence of any immediate compensatory mechanism, results in acute physiological stress to individual trees, and renders them attractive to attack, inoculation with both mucus and *Amylostereum* arthrospores, oviposition, and tree death. Such conditions are aggravated in unthinned stands. The process can be simulated experimentally by high girdling, herbicide poisoning, or the injection of the *Sirex* mucus into living trees.

In the presence of an abundance of suitable host material, a *Sirex* population will grow, and as numbers of horn-tails increase, any latent resistance can be overcome by the mucus. This renders a tree attractive to *Sirex* infestation within and between seasons. An infestation may remain undetected for some time, after which the momentum generated by numbers and the availability of hosts will result in an epidemic outbreak of tree deaths. The epidemic outbreak is limited only by the absence of suitable host material.

Given the above scenario, which applies in fact if not necessarily in detail, what strategy is most appropriate to develop and implement for *Sirex* control?

The plantation is a resource that can be located and exploited by *Sirex* females either arising

from infested material or migrating from a previously infested area. Exploitation generates numbers of hornails which then exert pressure on the plantation estate. If this estate has many units, e.g., several unthinned stands, then ultimately the numbers of insects produced will increasingly exert greater pressure via the mucus effect and overcome more and more trees. The outbreak will end only when the supply of susceptible trees is exhausted.

But if the plantations are properly pruned and thinned, the availability of suitable resource for exploitation by *Sirex* will be lacking, and the reproductive and inoculation potential of the hornail will be restricted. Trap trees can affect localized and known units of infestation that can either be destroyed or utilized for production of parasitoids and nematodes. These agencies, in turn, will add to the general environmental resistance to increases of *S. noctilio*, and collectively to the containment of pest numbers to sub-economic levels.

An operational strategy should address the following points:

1. Ensure tree health through good site selection and preparation, use of proven seedling stock, and attending to pruning and thinning schedules so as to attain a height/diameter ratio consistent with optimum tree growth and form. (Attention to these qualities is of fundamental importance to any strategy, for they maximise the potential resistance of individual trees, which, in turn, acts to retard *Sirex* increase.)
2. Plantation areas should be systematically monitored for their health, particularly after periods of strong winds, rains, and other catastrophic events.
3. Frequent estimates of tree growth (e.g., diameter increments) should be made, to relate short-term changes with respect to environmental variables, particularly rainfall and levels of available soil water. (Such an activity would provide invaluable information on intra- and inter-site differences, infestation/infection levels of pests and diseases, and

overall stand performance. At the same time it would remove much of the conjecture as to the possible cause of outbreaks.)

4. Trap trees should be established even in the apparent absence of the pest. These trees should be carefully examined on a routine basis. (Much remains to be learned about the dosages of herbicides required for different tree sizes and the rate of tree morbidity, for these factors relate to the drying out of the tree, which in turn impacts on the suitability of the tree as a resource for *Sirex* and, in turn, for the parasitoids and nematodes.)
5. Parasitoids and nematodes should be established and sustained to supplement the resistance delivered by good silvicultural management.
6. Ideally, operations should be executed neither during the *Sirex* flight season nor in the period immediately preceding it (Spring-Summer). If operations must proceed at these times, then all slash must be buried, destroyed, or removed, and the areas must be closely monitored and sampled for possible invasion by *Sirex*.

References

- Coutts, M. P. 1969. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*. I. The effects of the symbiotic fungus *Amylostereum* sp. (Thelephoraceae). Australian Journal of Biological Science. 22: 915-924.
- Coutts, M. P. 1969. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*. II. Effects of *S. noctilio* mucus. Australian Journal of Biological Science. 22: 1153-1161.
- Fong, L. K.; Crowden, R. K. 1973. Physiological effects of the mucus from the woodwasp *Sirex noctilio* on the foliage of *Pinus radiata* D. Don. Australian Journal of Biological Science. 26: 365-378.

- Gaut, I P. C. 1969. Identity of the fungal symbiont of *Sirex noctilio* in Tasmania. Australian Journal of Biological Science. 22: 905-915.
- Madden, J. L. 1971. Treatments which render the host tree, *Pinus radiata* D. Don attractive to the woodwasp, *Sirex noctilio* F. Bulletin of Entomological Research. 60 (3): 47-52.
- Madden, J. L. 1975. An analyses of an outbreak of the woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera, Siricidae), in *Pinus radiata*. Bulletin of Entomological Research. 65: 491-500.
- Madden, J. L. 1977. Physiological reactions of *Pinus radiata* to attack by woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae). Bulletin of Entomological Research. 67: 405-425.
- Madden, J. L. 1988. *Sirex* in Australasia. In: Berryman A. A., ed. Dynamics of forest insect populations: patterns, causes and management strategies. New York: Plenum Publishing Corp. Chapter 20. 407-429.
- Rawlings, G. B.; Wilson, Nancy M. 1988. *Sirex noctilio* as a beneficial and destructive insect to *Pinus radiata* in New Zealand. New Zealand Journal of Forestry. 6(1):1-11.
- Rook, D. A.; Swanson, R. H.; Cranswick, A. M. 1976. Reaction of radiata pine to drought. In: Proceedings of the Soil and Water Symposium. New Zealand, DSIR: Palmerston North. 55-58.
- Spradbery, J. P. 1973. A comparative study of the phytotoxic effects of siricid woodwasps on conifers. Annual of Applied Biology. 75: 309-320.

Overview of *Sirex* control and development of management strategies in Australia

John Madden

Sirex noctilio F. has caused economically significant losses of Monterey pine, (*Pinus radiata* D.Don) trees in New Zealand and Australia. It was discovered in plantations of loblolly pine (*P. taeda* L.), slash pine (*P. elliotii* Engelm.), and *P. radiata* in Uruguay in 1980 and, more recently, in Argentina and Brazil; it is a current threat to the pine forests of Chile. It was also detected in pine stands near Capetown, South Africa, in 1990.

A review of specific instances of economic loss of trees attributable to *Sirex* indicates that outbreaks are most often characterized by lack of attention to three basic operational events: adherence to thinning schedules, regular monitoring of the plantation estate, and, once its presence is detected, the early introduction and establishment of natural enemies, notably entomogenous nematodes and parasitoids.

Initial attack and tree mortality occur most often in unthinned and generally neglected stands. Initial detection is often delayed until the infestation has expanded to the extent that tree mortality, and its cause, are obvious. If the introduction and release of natural enemies is left too long, their capacity to increase and disperse in time to affect the infestation is limited. Consequently tree mortality may continue to increase until the supply of susceptible trees is exhausted; only then can the *Sirex* population be said to be under control.

Summary of attempts undertaken in Australasia to control *Sirex noctilio* F.

New Zealand

Outbreak. Although *Sirex noctilio* was detected in Canterbury in 1900, it was not until the late 1920s and, in particular, 1946 to 1951, that its

destructive potential was recognized, when 30 percent of a 120,000-hectare *P. radiata* estate was destroyed.

Response. Introduction of the parasitoids *Ibalia leucospoides* (Hochenwarth) and *Rhyssa persuasoria* (Linnaeus) occurred during 1928 through 1929, and in 1931, using the services of the then Imperial Institute of Entomology (later the Commonwealth Institute of Biological Control and now the International Institute of Entomology).

Outcomes: *Rhyssa persuasoria* sent as adults were directly released into the field and became established. In contrast *I. leucospoides*, dispatched as parasitized host larvae, were severely weakened during the sea transport from England, and few survived. Successful breeding and release of this species did not occur until 1950-1951. Initial releases were confined to the Canterbury Plains area, with subsequent introduction into forests in the Kaingaroa area during the 1940s. Their presence did not affect the outbreak which developed in both districts from attack on predominantly unthinned stands. The *Sirex* nematode was discovered in the early 1960s.

Australia: Pittwater, Tasmania, 1952

Outbreak: *Sirex noctilio* was detected in an 1,100-hectare *P. radiata* plantation, with mortalities within compartments ranging from 30 to 80 percent.

Response: Federal authorities attempted to eradicate the pest and quarantine the export of pine products from Tasmania. The Tasmanian Department of Agriculture imported and released *Ibalia leucospoides* and *Rhyssa persuasoria* from New Zealand.

Outcomes: The eradication attempt failed, as top branches were not destroyed and served to provide refuge for developing larvae. Salvage

operations based on “felling from the top” (i.e., the exclusive removal of the more dominant trees) damaged understory trees and provided ideal host material for *Sirex* emergents. The local pine industry was handicapped for nine years by quarantine restrictions.

Australia: Mornington Peninsula, Victoria, 1961-1962

Outbreak: *S. noctilio* was discovered in *P. radiata* windbreaks.

Response: The Commonwealth government immediately formed the National *Sirex* Council and implemented a two-part strategy of “search and destroy” in Victoria and research in Tasmania. Research objectives were addressed by the Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Division of Entomology, Forest Research Institute (now CSIRO Division of Forestry) and the Waite Agricultural research Institute of the University of Adelaide. General research projects areas were:

- CSIRO: Biological control and the biology and behavior of *Sirex* and its natural enemies
- FRI: Silviculture, tree breeding, and resistance
- Waite: Fungal taxonomy and chemical control

Outcomes: The “search and destroy” strategy was conducted in Victoria from 1962 to 1974. Initial activity was based on a high level of ignorance of the basic insect/host-tree problem. Indiscriminate felling and the destruction of non-host trees was followed by public indignation. *Sirex* occurrence continued to expand. The need for a biological control strategy was recognized in early 1972, when mass-breeding facilities for parasitoids and nematodes were established within the Keith Turnbull Research Laboratory at Frankston, Victoria. The demand for biocontrols intensified at the time of the Delatite outbreak of 1979, and the discovery of *Sirex* in South Australia in 1980 and New Wales in 1981.

By the mid 1970s a considerable number of key research findings had been achieved, including identifying the symbiotic fungus; discovering factors influencing host-tree attractiveness and susceptibility; describing the basic biologies, behaviors, and ecologies of *Sirex* and key parasitoids; and identifying the *Sirex* nematode. In application, the impact of the parasitoids and the nematode on field populations of *Sirex* had been assessed; parasitoids had been released; trap trees had been established in Victorian forests; and mass culture of nematodes had been achieved.

In 1977, the National *Sirex* Council was disbanded. The Pests and Diseases Committee of the Australian Forestry Council was formed in its place. Formal research terminated in 1978, with monitoring and local projects being conducted and funded solely by state agencies. For example, attempts to control the Delatite outbreak in Victoria in 1979 were directed toward increasing the effectiveness of biocontrol agents, and nematodes were introduced into plantations at Dartmoor, Western Districts, Victoria.

Australia: Mt. Gambier and districts in South Australia, 1980-1991

Outbreak: In 1980, *Sirex* was detected in major pine plantations at Mt. Gambier, South Australia, and parasitoids were introduced into the then small areas of infestation between 1980 and 1984.

Response: Infested trap trees were inoculated with nematodes in 1985. In 1986 *Sirex* was increasingly detected throughout the adjacent areas of southeast South Australia and southwest Victoria, and, in increasingly larger numbers, in unthinned plantations older than 10 years.

Outcomes: Despite the introduction of both parasitoids and nematodes, an estimated 1.8 million trees were killed each year in the “Green Triangle” in 1987 and 1988. By 1989, *Sirex* had spread to forests adjacent to the state capital, Adelaide. The cost of attempts to control *Sirex* ranged from A\$1.3 million in 1987 to greater than A\$100,000 in 1989. The financial loss in royalties alone during the peak two

years of the outbreak was approximately A\$5-10 million.

These damaging outcomes in South Australia were influenced by poor aerial monitoring efficiency, poor interpretation and qualification, and the lack of on-ground inspection and verification. In addition, the nematode's effectiveness had declined in mass culture because of a reduction in the quality of its fungal food substrate. In some instances, nematode parasitism had fallen from 90 plus to less than 40 percent. Consequent to these events, the Australian Forestry Council convened a National *Sirex* Coordination Committee to address the inadequacies of previous attempts to control *Sirex* by developing a national strategy that would be subject to annual review. The strategy was released for augmentation by the forest industry in winter, 1990. The essential elements of the strategy are paraphrased at the end of this document and are detailed in the following document: Haugen, D. A.; Bedding, R. A.; Underdown, M. G.; Neumann, F. G. 1990. National strategy for control of *Sirex* in Australia. Australian Forest Grower 13(2). 8 p.

In summary, most *Sirex* outbreaks in Australasia have occurred in 15-to-20-year-old, unthinned, and heavily overstocked (more than 16,000 to 17,000 stems per hectare) plantations, the result of delayed thinning schedules caused by either poor management or depressed markets for the resource. In addition, the lack of rigorous and sustained monitoring of forest health and its relationship to weather effects has led too often to delays in implementing concerted control attempts. In almost all instances the introduction of biological control agents did not occur until after significant economic loss of trees had occurred. The following outline summarizes the essential elements of a general *Sirex* management strategy with specific details as it applies to Australia, being found in Haugen et al. (1987)

Essential elements of a *Sirex* control strategy

Prior to detection of *Sirex*, forest health procedures should be in place, i.e., quarantine, appropriate thinning, monitoring, and training of operations personnel. If *Sirex* is known to be present in districts adjacent to forest areas, then trap trees should be established three to four weeks before the *Sirex* flight season is expected.

Following *Sirex* detection, these procedures must be adopted:

1. Map and monitor tree mortality.
2. Prioritize a thinning program.
3. Intensify trap-tree establishment.
4. Release any cultured or field-collected parasitoids in areas of known *Sirex* infestation.
5. Increase nematode production for subsequent field inoculation strategy involving both naturally attacked and trap trees.
6. Confirm parasitoid establishment, and determine effectiveness of existing biocontrols.

These procedures should be ongoing:

1. Monitor *Sirex* activity in plantations by means of surveys and trap trees.
2. Evaluate the status of parasitoids and nematodes.
3. Supplement existing levels of parasitism by the culture and release of biocontrol agents.
4. Review culturing procedures for both the *Sirex* fungus and the nematode; assess the performance of the latter at regular intervals.

References

- Bedding, R. A.; Akhurst, R. J. 1974. Use of the nematode *Deladenus siricidicola* in the biological control of *Sirex noctilio* in Australia. Journal of the Australian Entomological Society. 13: 129-135.
- Haugen, D. A. 1990. Control procedures for *Sirex noctilio* in the Green Triangle: review from detection to severe outbreak (1977-1987). Australian Forestry. 53 (1): 24-32.
- Haugen, D. A. ; Underdown, M.G. 1990. *Sirex noctilio* control program in response to the 1987 Green Triangle Outbreak. Australian Forestry. 53 (1): 33-40.
- Haugen, D. A.; Bedding, R. A.; Underdown, M. G.; Neumann, F. G. 1990. National strategy for control of *Sirex noctilio* in Australia. In: Borough, C., ed., Australian Forest Grower 13(2). 8 p. (Special liftout).
- Neumann, F. G.; Morey, J. L.; McKimm, R. J. 1987. The *Sirex* wasp in Victoria. Bulletin N°. 29. Melbourne: Department of Conservation, Forests and Lands. 41 p.
- Madden, J. L. 1975. An analysis of an outbreak of the woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae), in *Pinus radiata*. Bulletin of Entomological Research. 65: 491-500.
- Taylor, K. L. 1981. The *Sirex* woodwasp: ecology and control of an introduced forest insect. In: Kitching, R. L.; Jones, R. E., eds. The Ecology of pests: some Australian case histories. 231-248.
- Zondag, R. Control of *Sirex noctilio* with *Deladenus siricidicola* Bedding. New Zealand Journal of Forest Science. 1: 5-14.

Practical aspects of *Sirex* control

John Madden

Attempts to control *Sirex noctilio* will be successful only if all forest managers pay full attention to the following key aspects: silviculture; monitoring of tree survival; and the introduction, release, and evaluation of biocontrol agents.

If plantation establishment is based on the use of healthy seedlings of the appropriate cultivars in medium-to-high quality, fertile sites, then good potential growth is ensured. However, the original plantation design should also include a programme for different cultural events, e.g., fertilizer regimes, weed control, and schedules for pruning and thinning. The decision to prune or thin must be based primarily on the goal of maximizing future growth and yield. It should not, if practical, be delayed or postponed solely on the basis of marketing convenience. Consequently, forest managers must endeavor to convince senior management of the potential risk of compounded financial loss if the silvicultural programme is not strictly adhered to and if overstocking continues.

Secondly, all operations personnel must be convinced of the importance, with respect to forest health, of early detection of *Sirex* and other pests and diseases. Early detection can only be achieved through a regularized and efficient monitoring system. For example, a plantation estate can be divided into a number of zones on the basis of accessibility, and individuals can be given responsibility for systematic inspection of and reporting about those zones. Conveniently sized inspection blocks containing a minimum number of at least 100 trees should be established at an intensity of four to five blocks per 100 hectares.

Following detection of *Sirex*, a network of five to ten "trap" trees can be established conveniently within each inspection block of trees throughout each estate or zone, to provide the potential foci for *Sirex* attack at known locations.

After *Sirex* attack has taken place, the infested trap trees and any other trees in the immediate vicinity can be exploited for propagation of the *Sirex* nematode, *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola*, and as specific sites for the release of parasitoids. Every detection should be followed by a concerted inspection of all trees within and between each site to obtain an appreciation of the incidence of attack and tree mortality.

It is imperative that both nematodes and parasitoids be introduced as soon as possible after the initial detection of *Sirex*, to immediately reinforce any existing natural control, such as increased vigour of trees following thinning, or the predatory effects of any indigenous avian or insect fauna. Early introduction of natural enemies is essential if the increase and dispersal of *Sirex* is to be suppressed and contained.

The following sections summarize the methodology of "trap" tree establishment and the evaluation of biological control.

Value of trap trees

The benefits of trap trees are:

- they allow the early detection of stand infestations
- they provide a known resource for the introduction of biocontrols
- they permit convenient evaluation
- they are readily located

Trap trees should be located in 10 to 20 unthinned or damaged stands using five to nine tree plots, four to five plots per 100 hectares. Location will vary with respect to specific objectives.

The methods for establishing trap trees are as follows. Trees 15 to 20 centimeters diameter at breast height (dbh) should be pruned of all branches up to a convenient height; a strip of bark-phloem two centimeters wide should be removed from below the remaining branches. Trees so treated become attractive to *Sirex* ten to twelve days after establishment. Through root grafting, these trees can remain attractive to the horntails for weeks.

Similarly, trees can be injected with herbicides such as Dicamba or Triclopyr at two cubic centimeters per ten centimeters of circumference. Ensure that drill holes are directed tangentially, to maximize uptake in the outer sapwood. These trees are best established six to eight weeks prior to *Sirex* emergence. As the tree is killed by this method, the period of potential attractiveness is less variable than that of the surgical girdling method.

Evaluation of *Sirex* biocontrols

The objective of *Sirex* biocontrol evaluation is to determine the distribution and abundance of biocontrols in different stands and localities.

Biocontrol evaluations should preferably be located in areas of known parasitoid and nematode release, in order to determine establishment success. Areas adjacent to and remote from known areas of release should be sampled to assess the dispersal dynamics of both parasitoid- and nematode-infected *Sirex* females.

The following methods should be followed to evaluate nematodes.

1. Remove wood blocks five centimeters by five centimeters by two centimeters, with and without oviposition lesions, with a chisel or axe. Place the blocks in individual airtight plastic containers and store them in a cool box. At the laboratory, remove the block from the container, peel off the bark, and stand the block in a Petri dish containing clean water, with cut surfaces immersed.

2. Soak the blocks for 24 to 48 hours; decant the water to ca. 10 to 15 cubic centimeters, and examine for nematodes, using a binocular microscope at 40 x.
3. Examine the posterior ventral surface of mature larvae beneath a microscope for minute melanized lesions caused by invading infectives.
4. Dissect emergent *Sirex* adults to examine the testes of males and the ovaries of females.

The following methods should be used to evaluate parasitoids.

1. Attach fly-wire screen cages (0.2cm mesh) to infested trees.
2. Hold infested billets in insectary cages after end-coating them with mastic to retain their original moisture levels.
3. Alternatively, hold shorter billets laid horizontally in metal drums of 200-liter capacity, covered with plastic mesh attached to the drum's rim with packaging tape. The mesh should be fitted with a central access slit in the form of a zipper or Velcro™ hook-and-loop cling strap.

Note: Ensure that the billets are not in direct contact with soil, that drums have sufficient incline to prevent accumulation of water, and that all containers are examined frequently for the presence of spiders and any other limiting factor.

References

- Anonymous. 1991. Operation worksheets. National *Sirex* Coordination Committee. 20 p.
- Haugen, D. A.; Bedding, R. A.; Underdown, M. G.; Neumann, F. G. 1990. National strategy for control of *Sirex noctilio* in Australia. In: Borough, C., ed. Australian Forest Grower, 13 (2). 8 p. (Special liftout).
- Madden, J. L. 1971. Treatments which render the host tree *Pinus radiata* D. Don attractive to the

- woodwasp, *Sirex noctilio* F. Bulletin of Entomological Research. 60(3): 47-52.
- Madden, J. L.; Irvine, C. J. 1971. The use of lure trees for the detection of *Sirex noctilio* in the field. Australian Forestry. 35 (33): 163-165.
- Neumann, F. G.; Harris, J. A.; Kassaby, F. Y.; Minko, G. 1982. An improved technique for early detection and control of the *Sirex* wasp in radiata pine plantations. Australian Forestry. 45:117-124.
- Neumann, F. G.; Morey, J. L. 1984. Influence of natural enemies on the *Sirex* woodwasp in herbicide-treated trap trees of radiata pine in northeastern Victoria. Australian Forestry 47: 218-224.
- Neumann, F. G.; Morey, J. L.; McKimm, R. J. 1987. The *Sirex* wasp in Victoria. Bulletin N°. 29. Melbourne: Department Conservation, Forests and Lands. 41 p.
- Taylor, K. L. 1978. Evaluation of insect parasitoids of *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) in Tasmania. Oecologia. 32: 1-10.
- Taylor, K. L. 1980. Studies with *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) and its parasites that illustrate the importance of evaluating biological control attempts. Oecologia Applications. 1(2): 181-187.

Culture of siricids and parasitoids

John Madden

In any potential *Sirex* pest situation in which the use of biological control agents is contemplated, it is practical to consider, in the first place, the culture of parasitoids, and, once their culture is successfully undertaken, their continued breeding in order to realize sufficient numbers for field release. This second objective may require the culture of *Sirex noctilio* in either laboratory or insectary.

The following paragraphs describe the essential features that must be considered to ensure the production of numbers of healthy insects of good size.

Methods for the propagation of the *Sirex* nematode (*Beddingia* [= *Deladenus*] *siricidicola*) and the *Sirex* fungus (*Amylostereum arcolatum*) are described by Bedding and Akhurst (1974) and Neumann et al. (1987).

Culture of parasitoids: *Rhyssa persuasoria*, *Megarhyssa nortoni*, and *Ibalia leucospoides*

Objective: To rear parasitoids for subsequent field release.

Key requisites:

- known occurrence of different parasitoid species to permit collection of sufficient material for use in insectary culture
- maintenance of adult parasitoid stock on a carbohydrate-based diet, with access to an adequate supply of fresh water (This is essential)
- adequate supply of infested billets containing either *Sirex* eggs, early stage larvae (for ibaliids), or large larvae (for rhyssine)
- appropriate moisture content of billets to favour normal *Sirex* development, and, in turn, maximum survival of parasitoid larvae and pupae (This latter requisite is best achieved for ibaliids by utilizing naturally conditioned host material, i.e., material from the natural infestation of felled trees, and the use of tree cages on either naturally infested or trap trees.)
- protection of parasitoid adults from excessive exposure to extreme temperatures
- absence of predators, notably spiders

Culture of *Sirex noctilio* F.

Culture of adult *Sirex* from field-infested material held in the insectary is the most convenient and economical method. However, if actual rearing is required, then the following points should be considered.

1. It is imperative that the moisture content of freshly felled host material be lowered to ensure that near-optimal conditions exist for the growth of the symbiotic fungus, *Amylostereum arcolatum* Fries, (Boidin) and the survival and development of *Sirex* larvae.
2. Appropriate conditions are best achieved by felling and supporting trees so that as much foliage as possible is exposed, to facilitate uniform drying. A drying profile to be expected is a decrease in moisture content from an initial 160 percent (oven-dry weight) to 80 to 90 percent at needle colour change.
3. After drying, branches should be removed and the tree cut into billets of convenient length (approximately two meters).

4. All freshly cut surfaces (transverse cuts and branch stubs) should be treated with prewarmed or softened petrochemical grease or commercial grafting mastic, which is best painted on, to exclude blue-stain fungi (*Ceratocystis* spp.) and to minimize excessive moisture loss from the end sections.

5. The moisture content of each billet should be determined by removing a three-to-five-centimeter-thick disc at each transverse cut. Each disc and each billet should be labelled and the disc transferred to a plastic bag which is sealed and held in a cool box or room until initial fresh weights are taken. Three to four samples should be taken from each disc using a sharp chisel; obtain the fresh weights of subsamples of the bark (phloem) and outer and inner sapwood (xylem) from each disc. Dry the subsamples at 100 degrees Centigrade for three days. Reweigh and calculate and oven-dry moisture contents by the formula:

$$((\text{Fresh weight}/\text{Dry weight})-1 \times 100\%).$$

6. Stand prepared logs on end in insect-proof cages, ensuring that the base is not in contact with the soil surface.

7. Keep culture rooms rodent-proof, examine regularly, and clear of spiders and their webs.

8. Initiate culturing by adding both male and female *Sirex* into the cages, using three to four females per log. The insects used should be examined individually before release to ensure good condition and the absence of any ectoparasites, e.g., mesostigmatid mites.

9. Examine billets after three to four days; remove logs with large numbers of ovipositor drills and replace with fresh material.

10. Sustain female and male numbers by replacing dead and damaged insects with live insects in good condition.

11. Monitor the insects' activity daily.

12. Maintain culture records.

Insectary design must ensure that the cubicles do not overheat. The insectary should be well ventilated, and logs should not be exposed to direct sunlight. Accelerated insect development and/or excessive drying will result in small-sized insects. In contrast, if the moisture content is too high, gravitational movement of water within the billet will occur. This results in a steep gradient between the upper, drier section and the wetter, lower section and consequently a lower survival rate and smaller-sized insects. The situation can be partly overcome by regular reversal of the billet from top to bottom to minimize the gravitational movement of water.

Field culturing of *Sirex* can be achieved by infesting individual trees of moderate height (two to three meters) with females which have had the apices of their wings removed to restrict flight. Litter and general debris beneath each tree should be removed to the drip line, and a circular, 20-centimeters-high barrier of aluminum roof gutter sheeting should be buried into the ground eight to ten centimeters to encircle individual trees. This barrier confines any fallen insects to that tree.

In areas in which both *Sirex* and *Ibalia* occur, felled trees must be monitored closely for attack. Logs may then be prepared and transferred to field cages. If this is done within ten to fourteen days after the initial attack is detected, parasitism by *Ibalia* can be minimized. Longer exposure will generate supplies of *Ibalia* spp.

References

- Bedding, R. A.; Akhust, R. J. 1928. Use of the nematode *Deladenus siricidicola* in the biological control of *Sirex noctilio* in Australia. Journal of Australian Entomological Society. 13: 129-135.
- Chrystal, R. N. 1928. The *Sirex* woodwasps and their importance to forestry. Bulletin of Entomological Research. 25: 219-249.

- Coutts, M. P. 1969. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*. I. The effects of the symbiotic fungus *Amlylostereum* sp. (Thelophoraceae). Australian Journal of Biological Science. 22: 915-924.
- Coutts, M. P. 1969. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*. I. Effects of *S. noctilio* mucus. Australian Journal of Biological Science. 22: 1153-1161.
- Fong, L. K.; Crowden, R. K. 1973. Physiological effects of mucus from the woodwasp *Sirex noctilio* on the foliage of *Pinus radiata* D. Don. Australian Journal of Biological Science. 26: 365-37.
- Gaut, I. P. C. 1969. Identity of the fungal symbiont of *Sirex noctilio* in Tasmania. Australian Journal of Biological Science. 22: 905-915.
- Hocking, H. 1967. A native ichneumonid, *Certonotus tasmaniensis* Turn. parasitising *Sirex noctilio* F. (Siricidae) in Tasmania. Journal of the Australian Entomological Society. 6: 57-60.
- Kirk, A. A. 1974. Siricid woodwasps and their associated parasitoids in the southeastern United States (Hymenoptera: Siricidae). Journal of Georgia Entomology. (3): 139-144.
- Neumann, F. G.; Morey, J. L.; McKimm, R. J. 1987. The *Sirex* wasp in Victoria. Bulletin N°. 29. Melbourne, Australia: Department of Conservation, Forests and Lands. 41 p.
- Nuttall, M. J. 1972. Culture, liberation and establishment of *Ibalia leucospoides* in New Zealand. Report N°. 31. New Zealand Forest Service, Forest Research Institute, Forest Entomology. 9 p. (Unpublished report).
- Nuttall, M. J. 1989. *Sirex noctilio* F., *Sirex* wood wasp (Hymenoptera: Siricidae). In: Cameron, P. J.; Hill, R. L.; Bain, J.; Thomas, W. P., eds. A review of biological control of pests and weeds in New Zealand 1874-1987. Technical Communication N°. 10. Wallingford, UK: CAB International and DSIR. Chapter 52. 299-300.
- Spradbery, J. P. 1968. A technique for artificially culturing ichneumonid parasites of woodwasps (Hymenoptera: Siricidae). Entomological Experimentation & Application. 11: 257-600.
- Spradbery, J. P. 1970. The biology of *Ibalia drewseni* Borries (Hymenoptera: Ibalidae), a parasite of siricid woodwasps. Proceedings of the Royal Entomological Society of London. (A) 45 (7-9):104 -113.
- Taylor, K. L. 1967. The introduction, culture, liberation and recovery of parasites of *Sirex noctilio* in Tasmania, 1962-1967. Tech. Paper N°.8. Australia: CSIRO, Division of Entomology. 19 p.
- Taylor, K. L. 1967. Parasitism of *Sirex noctilio* F. by *Schlettererius cinctipes* (Cresson) (Hymenoptera: Stephanidae). Journal of Australian Entomological Society. 6: 13-19.
- Wickman, B. E. 1964. Observations on oviposition habits of *Sirex longicauda* and *Urocercus californicus* (Hymenoptera: Siricidae). The Pan-Pacific Entomologist. 40: 259-261.
- Wickman, B. E. 1969. Observations on the siricid parasite, *Ibalia ensiger* (Hymenoptera: Ibalidae). The Pan-Pacific Entomologist. 40 (1): 19-20.
- Zondag, R. 1969. A nematode infection of *Sirex noctilio* in New Zealand. New Zealand Journal of Science. 12: 732-747.

Indigenous Siricid spp. parasitoid communities and principal biological control agents of *Sirex noctilio* in Australasia: a review

Sean T. Murphy

Introduction

Sirex noctilio F. (Hymenoptera: Siricidae), which is native to southern Europe, North Africa, and southern parts of the Near East, first appeared as an exotic pest of pine plantations in Australasia in the early 1900s (Nuttall 1989). Since then, its worldwide range has expanded. It invaded South America through Uruguay in 1980 and spread to Argentina (1985) and Brazil (1988) (Ciesla 1993); it has also invaded South Africa, entering via the Cape in 1994 (Tribe 1994).

Soon after *S. noctilio* invaded Australasia, New Zealand and Australia set up a classical biological control project. One of the main purposes of the project was to survey for and select host- or genus-specific parasitoids from the area of origin of the pest. In addition, surveys were undertaken on other, closely related pine-feeding horntails on other continents to establish the full range of potential agents available. Thus, the survey did not restrict itself to the "old association" hypothesis that closely evolved natural enemies are likely to be the best control agents.

In view of the seriousness of *S. noctilio* in Brazil, Uruguay, and now in South Africa, classical biological control programmes are being set up in these countries to curb the spread of *S. noctilio* and reduce the damage it causes. Here I will summarise the results of the surveys for natural enemies conducted for the Australasia project; the initial assessment of parasitoid species on *S. noctilio*; and those species found to be good biological control agents after release. Most of this information can be found in Taylor (1976).

Siricid parasitoid communities

In its native environment, *S. noctilio* is not considered a serious pest. Thus when this species first invaded Australasia at the turn of the century, little was known about the ecology of this species or of closely related species. Likewise, little was known about the natural enemy communities associated with these insects (Berryman 1986).

New Zealand was the first country to request parasitoids, and between 1928 and 1952, two species (*Rhyssa persuasoria persuasoria* (L.) (Ichneumonidae) and *Ibalia leucospoides leucospoides* (Hochenwarth) (Ibaliidae) were collected by the International Institute of Biological Control (IIBC, formerly CIBC, now CABI-Bioscience) from *S. noctilio* in the U.K. and shipped to the Forest Research Institute (FRI) in New Zealand (Nuttall 1989).

After the discovery in 1961 of *S. noctilio* in the state of Victoria, on the Australian mainland, a coordinated research programme was initiated in 1962 to search for and establish additional exotic natural enemies. Staff of the CSIRO Division of Entomology studied natural enemies of *S. noctilio* in the European region, Turkey, and North Africa. A *Sirex* Biological Control Unit was established at Silwood Park, Berkshire, U.K. for the study and quarantine of siricids and their natural enemies (Taylor 1976). CSIRO and IIBC collected siricids and their natural enemies in other parts of the world. Areas included: the Himalayan regions, India and Pakistan, the USA (California, Nevada, and the Southeast), Canada (New Brunswick) and Japan. One collection was made in Canada.

(Vancouver) by Dr. B. P. Beirne (Taylor 1976). All siricids and their natural enemies were also sent to the CSIRO laboratory at Silwood Park for study and shipment to Australia. In order to receive parasitoids, a *Sirex* unit was established at Hobart airport, Tasmania, where the species received could be reared and distributed to the *Sirex*-infested areas of Australia; material for New Zealand was sent direct from Silwood Park, Tasmania, or from IIBC stations. The search for natural enemies in the northern hemisphere was completed in 1972.

As mentioned earlier, the major aim of the surveys in the northern hemisphere was to collect all insect natural enemy species (including different populations of some species) associated with siricids in conifers from a wide range of climates (Taylor 1976); particular attention was paid to Mediterranean-type climates (Kirk 1974).

The results of the surveys are given in Table 1 (right).

Table 1 lists the species compositions of the communities in each of the regions. It is likely that the number of species listed for each country/region is a function of sampling intensity and the size of the region sampled. The most common and important species in all communities are the ibaliids (Hymenoptera: Ibalidae), which attack the eggs and early larval instars, and the ectoparasitic ichneumonids, *Rhyssa* spp. and *Megarhyssa* spp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), which attack the larger larvae. These two groups of parasitoids complement one another, because they attack their hosts at different times during their development. It should be noted that *Ibalia ensiger* Norton is considered a subspecies of *I.*

Table 1. Siricid parasitoid communities (modified from Taylor, 1976)	
Country/region	Species
Southwestern U.S.A.	<i>Ibalia leucospoides ensiger</i> <i>Ibalia montana</i> <i>Ibalia ruficollis</i> <i>Ibalia rufipes rufipes</i> <i>Megarhyssa nortoni nortoni</i> <i>Rhyssa alaskensis</i> <i>Rhyssa hoferi</i> <i>Rhyssa persuasoria persuasoria</i> <i>Schlettererius cinctipes</i>
Southeastern U.S.A.	<i>Ibalia leucospoides ensiger</i> <i>Megischus</i> sp. <i>Pristaulacus ater</i> <i>Rhyssa howdenorum</i> <i>Rhyssa persuasoria persuasoria</i> <i>Rhyssa lineolata</i>
Eastern Canada	<i>Ibalia leucospoides ensiger</i> <i>Ibalia rufipes rufipes</i> <i>Megarhyssa nortoni quebecensis</i> <i>Rhyssa crevieri</i> <i>Rhyssa lineolata</i> <i>Rhyssa persuasoria persuasoria</i>
Western Canada	<i>Megarhyssa nortini nortoni</i>
Europe and Turkey	<i>Ibalia leucospoides leucospoides</i> <i>Ibalia rufipes drewseni</i> <i>Megarhyssa emarginatoria</i> <i>Odontocolon geniculatus</i> <i>Rhyssa amoena</i> <i>Rhyssa persuasoria persuasoria</i>
Morocco	<i>Ibalia leucospoides leucospoides</i> <i>Rhyssa persuasoria persuasoria</i>
India	<i>Rhyssa persuasoria himalayensis</i>
Japan	<i>Ibalia aprilina</i> <i>Ibalia leucospoides leucospoides</i> <i>Megarhyssa praececellens</i> <i>Rhyssa jozana</i> <i>Rhyssa persuasoria persuasoria</i>

leucospoides Hochenw. and *I. drewseni* Borries a subspecies of *I. rufipes* Cresson (Kerrich 1975). Finally, it is now known that *Megischus* sp. (Hymenoptera: Stephanidae) and *Pristaulacus ater* (Westwood) (Hymenoptera: Aulacidae) are probably not parasitic on siricids.

The siricid parasitoid communities in Europe, Turkey, and North Africa have been

particularly well studied (Spradbery and Kirk 1978). The host siricids located with their individual parasitoid communities are shown in Table 2 (modified from Spradbery and Kirk 1978).

Table 2. Host records of parasitoids of siricids (modified from Spradbery and Kirk, 1978)								
Host Species								
Species	<i>Sirex noctilio</i>	<i>S. cyaneus</i>	<i>S. juvencus</i>	<i>Urocerus gigas</i>	<i>U. augur</i>	<i>U. sah</i>	<i>U. fantoma</i>	<i>Xeris spectrum</i>
<i>R. persuasoria</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>R. amoena</i>	0	+	+	+	+	0	0	+
<i>M. emarginatoria</i>	0	+	+	+	+	0	0	+
<i>I.I. leucospoides</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>I.r. drewseni</i>	+	+	+	+	+	0	0	+
<i>O. geniculatum</i>	+	+	+	+	+	0	0	

Most of these siricids attack species of *Pinus*, *Picea*, *Larix*, *Cedrus* and *Abies*. Table 2 shows that most of the parasitoids recorded are polyphagous, but not all are parasitic on *S. noctilio*. The phenology of parasitoid attack on their hosts is as follows. *Ibalia leucospoides* emerges in the summer and autumn to attack *Sirex* larvae hatching soon after oviposition. However, *Ibalia rufipes drewseni* emerges in late spring to attack larvae in trees where the hatching has been delayed (Spradbery 1970). All the other parasitoids attack later stages of the larvae. These species possess a long ovipositor which is inserted through the wood in order to reach the host.

The species within the parasitoid community on *S. noctilio* coexist by exploiting different host stages or by having a temporal distribution pattern of attack. All species are widely distributed throughout the region where their host occurs, and some species (e.g. *Rhyssa persuasoria persuasoria*) also have a more extensive range in view of their wide host range.

On the basis of the structure of the siricid parasitoid communities found in Europe and elsewhere, it was decided to try and establish host- or genus-specific early and late larval instar parasitoids.

Assessment of agents on *Sirex noctilio*

All assessments of parasitoids on *S. noctilio* from other siricid hosts were conducted at the *Sirex* units at Silwood Park, U.K. and Hobart, Tasmania (Taylor 1976) and/or at the Forest Research Institute in New Zealand. A total of 21 species (including species collected from *S. noctilio*) were imported for assessment and rearing. Details of shipments and the numbers received are reviewed by Taylor (1976) and Nuttall (1989). Preliminary work (e.g., Spradbery and Kirk 1978) showed that some parasitoid species are specific on host trees of genera other than *Pinus* and/or the other host siricids. Examples from Europe include *Megarhyssa emarginatoria* Thunberg and *Rhyssa amoena* Grav. Some other species of parasitoid were found to attack *S. noctilio* in the laboratory, but cultures failed because of poor sex ratio problems. Examples here include *Rhyssa lineolata* (Kirby) and *Rhyssa alaskensis* (Ashmead).

As a result of these assessments on *S. noctilio*, ten principal species (with subspecies and geographic races) were reared in sufficient numbers for trial field releases (see Table 3).

Ibalia leucospoides (subspecies *leucospoides* and *ensiger*) and *Megarhyssa nortoni* were the most rapid colonisers. *Rhyssa* was slow to colonise. *Schlettererius cinctipes* (Cresson) (Stephanidae)

was rare in areas where the two ichneumonids were present. *Ibalia* species produce the highest levels of parasitism (15% to 29%) in the Australian mainland, followed by *Megarhyssa nortoni* (12% or less); *Rhyssa persuasoria* failed to establish on the mainland; however, in Tasmania, *Megarhyssa nortoni* and *Rhyssa persuasoria* were the most abundant parasitoids. In New Zealand, parasitism by *Ibalia l. leucospoides* and the rhyssines has been 70% or more. Taylor (1967) provides a key to distinguish these biological control agents in the field.

Table 3. Principal species of siricid parasitoids reared in sufficient numbers for field release (see Taylor, 1976, for further details)		
Species	Stage attacked	Origin
<i>Ibalia leucospoides leucospoides</i>	Egg/ Young larvae	Europe
<i>Ibalia l. ensiger</i>	Egg/ Young larvae	USA
<i>Ibalia rufipes rufipes</i>	Egg/ Young larvae	USA
<i>Ibalia r. drewseni</i>	Egg/ Young larvae	Europe
<i>Megarhyssa nortoni nortoni</i>	Late larvae	USA
<i>Megarhyssa praecellens</i>	Late larvae	Japan
<i>Rhyssa persuasoria persuasoria</i>	Late larvae	Europe
<i>Rhyssa p. himalayensis</i>	Late larvae	India
<i>Rhyssa alaskensis</i>	Late larvae	USA
<i>Rhyssa hoferi</i>	Late larvae	USA
<i>Rhyssa lineolata</i>	Late larvae	Canada
<i>Odontocolon geniculatus</i>	Late larvae	Europe
<i>Schlettererius cinctipes</i>	Late larvae	USA

Major biological control agents

The ten parasitoid species selected as potential biological control agents were directly field released in Australia without further study; some of these species were also released in New Zealand. These releases have been extensively reviewed by Taylor (1976) and Nuttall (1989). Five of these species became established in the field in various parts of Australasia. These are: *Ibalia leucospoides leucospoides*; *Ibalia l. ensiger*; *Ibalia rufipes drewseni*; *Megarhyssa nortoni nortoni*; *Rhyssa persuasoria persuasoria*; and *Schlettererius cinctipes*.

References

- Berryman, A. A. 1986. Forest insects: principles and practice of population management. New York: Plenum Press. 279 p.
- Ciesla, W. M. 1993. Recent introductions of forest insects and their effects: a worldwide overview. In: Proceedings of the conferencia regional de vespa da madeira, *Sirex noctilio*, na América do Sul. Florianópolis, S.C.: 23-27 November 1992. Colombo, PR, Brazil: EMBRAPA. 9-22.
- Kerrich, G.J. 1973. On the taxonomy of some forms of *Ibalia* Latreille (Hymenoptera: Cynipoidea) associated with conifers. Zoological Journal of the Linnean Society. 53: 65-79.

- Kirk, A. A. 1974. Bioclimates of Australian *Pinus radiata* areas and *Sirex noctilio* localities in the northern hemisphere. Australian Forester. 37:126-131.
- Nuttall, M. J. 1989. *Sirex noctilio* F., *Sirex* wood wasp (Hymenoptera: Siricidae). In: Cameron, P. J.; Hill, R. L.; Bain, J.; Thomas, W. P., eds. A review of biological control of invertebrate pests and weeds in New Zealand: 1874 to 1987. CAB International Institute of Biological Control. Technical Communication No. 10. Wallingford, UK: CAB International. 299-306.
- Spradbery, J. P. 1970. The biology of *Ibalia drewseni* Borries (Hymenoptera: Ibalidae), a parasite of siricid woodwasps. Proceedings of the Royal Entomological Society of London. 45:104-113.
- Spradbery, J. P.; Kirk, A. A. 1978. Aspects of the ecology of siricid woodwasps (Hymenoptera: Siricidae) in Europe, North Africa and Turkey with special reference to the biological control of *Sirex noctilio* F. in Australia. Bulletin of Entomological Research. 68: 341-359.
- Taylor, K. L. 1967. The introduction, culture, liberation and recovery of parasites of *Sirex noctilio* in Tasmania: 1962-67. Technical Paper N°. 8. Australia: CSIRO, Division of Entomology. 19 p.
- Taylor, K. L. 1976. The introduction and establishment of insect parasitoids to control *Sirex noctilio* in Australia. Entomophaga. 21: 429-440.
- Tribe, G. D. 1995. The woodwasp *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae), a pest of *Pinus* species, now established in South Africa. African Entomology. 3: 215-217.

International cooperation regarding quarantine procedures

Américo Iorio Ciociola

With modern transportation, products can move from one to the other side of the world in a matter of hours. In the past, the migration of species that cause harm to other regions of the world and the importation of species useful for biological control were uncommon. Today, however, organizations that are efficient and technically competent to confront the challenges of the damage done by the importation of exotic pests are essential.

Cooperation programs harbor such great differences, resulting from personal interests, or other interests not relevant to the program itself, that they are like "tug-o-wars". In an effort to do their best, people get so involved in their specific activities that they are not able to see the overall direction that the cooperation program is taking. Hence the importance of having, in any cooperation program, actions that are transparent, rapid, and that take into account the interests of all involved parties. It is important to realize that cultural factors can often slow down or even prevent the favorable progress of cooperation programs in spite of the sincere involvement of the parties. When these factors are overcome, the resulting actions are more objective, carrying real benefits for all.

Cooperation begins with the will to cooperate. No action between two organizations will be successful if those involved do not want it to be. It is also necessary to remember that cooperation is much easier when the people involved actively participate in the various stages of the program, and do not merely carry out the mandates formed by some organization. Many programs are successful simply because of people who are motivated and very familiar with them.

Another factor that stimulates cooperation is the existence of a common problem which is difficult or impossible for one group to solve alone. There is currently great difficulty stopping the migration of potentially harmful

species around the world. Recent examples include the introduction of *Sirex noctilio* F. in Brazil and the green acaro that affects cassava in Africa.

In order for action in cases of quarantine procedures to be effective, a trained technical body with an adequate number of people to accomplish the many tasks of the process is necessary. A key point in any traditional biological control program is the exchange of experiences among researchers from diverse areas.

However, the mere existence of well-qualified personnel does not assure the effectiveness of a quarantine program. Quarantine laboratories are a very important factor in the execution of any such program. In addition, it is necessary to have sufficient financial resources to allow the proposed program to be fully carried out. The lack of these factors has slowed down or even ended traditional biological control programs all over the world. Many times, however, programs have not been successful due to the lack of organization in the direction of the work.

Any governmental action inevitably involves bureaucracy intended to guarantee that proposed actions are implemented, whether they originate as laws, decrees, resolutions, or administrative decisions. But when bureaucratic functions are not carried out efficiently, their objectives are not reached within the proposed time, causing great problems for program administration as a whole.

What are the problems that prevent more efficient cooperative action among countries? First, a factor that is beyond the control of quarantine technical experts is lack of understanding of quarantine measures among the general population. It is not rare that tourists bring seeds or vegetables in their luggage without knowing that they are introducing exotic species that present great

danger to the country's agriculture. A permanent educational program about quarantines and their importance should be a part of every citizen's life, from primary school, beginning with posters, leaflets and other informative materials available at ports, airports, and border posts.

Another problem that afflicts those that work in the prevention of the entrance of exotic organisms into their countries is the lack of a sufficient number of **quarantine laboratories** to attend to the demands of different countries. In Brazil, the new quarantine laboratory Costa Lima in Jaguariuna, Sao Paulo, was inaugurated only recently, after more than ten years of careful planning and searching for resources for its implementation. Countries that do not have this type of facility often use those of neighboring countries, thus permitting a more extensive cooperation in common problems. However, the scarcity of **qualified personnel** may often compromise the success of these laboratories, which frequently lack an **adequate budget** to function. In this last case, a problem that is becoming common lately is the low pay received by technical experts, which decreases both their motivation as well as the number of university graduates that choose this exciting career.

Commercial interests often make quarantine actions more difficult, as they are interested in quickly resolving any problems regarding the introduction of exotic species, often without understanding the reason or being willing to wait the time necessary to complete the work to guarantee the safety of the introduced material.

Two other factors can make international cooperation in quarantine procedures difficult: **bureaucracy** and **suspicion**. An example of the first factor is that border patrols may demand much bureaucratic paperwork when material headed for quarantine laboratories is presented, and an example of the second is the suspicion that containers labeled as biological material that should not be opened outside of the laboratory in fact contain other types of material. Sometimes, full investigations are performed at airports aiming to guarantee the nature of the introduced material, much to the

dislike of the quarantine official anxiously waiting to take it to the laboratory.

Even when quarantined materials are handled appropriately, often the results leave much to be desired. In some cases, the directly interested person does not use all of the imported material (as in the case of the tomato moth), takes time to bring the material to the laboratory and clear it (as in the case of the coffee caterpillar), or the relatively low cost of the process prevents greater care with the imported material. In other cases, there is a greater dynamism and use of the obtained material, as with the case of the fruitfly in Northeast Brazil.

As can be seen, cooperation is indispensable, principally when dealing with regional organisms. With MERCOSUL, for example, much has already been done in the area of plant protection. The creation of the Plant Protection Committee of the Southern Cone (Comitê Fitossanitário do Cone Sul, COSAVE) has resulted in a formidable force for harmonizing existing standards in the various member countries so as to permit a greater agility in the treatment of actions to preserve environmental quality and transport vegetable and animal material across borders. COSAVE unites organizations that deal with aspects of plant protection in the member countries. As such, Argentina is represented by the Argentine Institute of Plant Health and Quality (Instituto Argentino de Sanidad y Calidad Vegetal); Brazil by the Secretary of the Agricultural Protection of the Ministry of Agriculture (Secretaria de Defesa Agropecuaria do Ministerio da Agricultura); Chile by the Agricultural Service (Servicio Agrícola y Pecuário); Paraguay by the Department of Vegetative Protection (Departamento de Defensa Vegetal); and Uruguay by the Service of Agricultural Protection (Servicio de Protección Agrícola). Representatives of these organizations have been meeting regularly, often in the form of work groups in specific areas, in such a way as to build a set of norms and procedures that, while respecting the individuality of countries, harmonizes their procedures to the benefit of regional integration in the area of plant protection.

References

- COSAVE. 1995. Relatório Anual de Atividades. Brasília.
- CNPq. 1993. Cooperação Internacional - Expedição Científica. 34 p.
- Nardo, E.A.B. De; Capalabo, D.M.F.; Moraes, G.J. De; Oliveira, M.C.B., coords. 1995. Requisitos para a análise de risco de produtos contendo agentes microbianos de controle de organismos nocivos: uma proposta para os órgãos federais registrantes. Jaguarina: EMBRAPA - CNPMA. 42 p.
- Nardo, E.A.B. De; Capalbo, D.M.F.; Moraes, G.J. De; Oliveira, M.C.B., eds. 1995. Análise de risco e avaliação do impacto ambiental decorrente do uso de agentes de controle biológico. Workshop. Jaguariuna, SP, Brasil; 18-20 de outubro de 1994. EMBRAPA - CNPMA. 127 p.
- Moraes, G.J. De; Sá, L.A.N. De; Tambasco, F.J. 1966. Legislação Brasileira sobre o intercâmbio de agentes de controle biológico. Jaguariuna: EMBRAPA - CNPMA. 16 p.
- Sá, L.A.N., De. 1994. Enfoque regional relativo à introdução de inimigos naturais no cone sul. In: Simpósio de Controle Biológico. 4: 61-64.

The release and evaluation of parasitoids in classical biological control projects: a brief review

Sean T. Murphy

Introduction

Before the implementation phase of a classical biological control project can be initiated, where one or more exotic parasitoid species have been selected for trial release against a target pest, consideration must be given to the following steps.

1. Importation, further quarantine, and initial rearing.
2. The needs for rearing, the needs for release, and the numbers required.
3. The design of field releases (where, when, size, number of releases, and methods).
4. The design of the evaluation programme to measure the outcome of the introductions.

Here, I shall briefly consider the release, monitoring, and assessment of impact of exotic parasitoids (i.e., steps 3 and 4, above). The general principles of some of these topics have recently been reviewed by Van Driesche and Bellows (1996) and Jervis and Kidd (1996).

Release and establishment of exotic parasitoids

Where to make releases

Usually the area affected by a pest is very large, and thus managers make trial releases of parasitoids at several sites within the area. Releases could profitably be made in relation to different climatic, altitudinal, and density zones rather than in relation to paired plots to investigate these factors (see next section). Before trial releases of a parasitoid are

undertaken, some attempt can be made to estimate the likely range to be colonised by the insects. This can be done by use of the computer programme CLIMEX (Sutherst and Maywald 1985).

The size and number of releases to make

In classical biological control there is no hard and fast rule as to the numbers required to afford a reasonable chance of establishment. Some species colonise readily, and the release of only a few individuals is all that is required. For example, the parasitoid *Megarhyssa nortoni* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae), released in Tasmania in the 1960s for the control of *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae), established after the release of only a few hundred females (Taylor 1976).

However, Beirne (unpublished), in his analysis of biological control projects in Canada, concluded that releases of less than 800 stand less chance of establishment than where larger numbers are released. There are also good theoretical reasons for not releasing less than 1,000 individuals; populations of less than this may go extinct because low densities, resulting from dispersal into a new environment, lead to failure to mate, which, in turn, leads to a male-biased sex ratio (Hopper and Roush 1993).

The number of releases will depend on the phenology of the host population in the field and the number of different climatic and altitudinal sites chosen to test the parasitoid (see above).

Timing and method of releases

Releases should be made where hosts are abundant and in the correct stage. Even in the

tropics, pests tend to be seasonal. Releases should also be made in areas where the pest population is increasing, not decreasing. Releases are often made in the early morning, to avoid bright sunlight and hot midday temperatures. Releases may be made in the open field or in field cages. Cage releases can exclude native competitors.

The evaluation of parasitoid introductions

Measuring the dispersal capacity of parasitoids

Some parasitoid species have a good dispersal capacity and can cover a wide area reasonably soon after release. However, some other species are poor dispersers. Data collected on the dispersal rate of *Sirex* parasitoids after release indicates great variability within and between species (see Table 1).

Table 1. Dispersal capacity of siricid parasitoids released in Australasia (literature records)		
Parasitoid	Country	Dispersal capacity
<i>Ibalia l. leucospoides</i>	New Zealand	6 km in 4 years 125 km in 9 years
	Tasmania	19 km in approx. 12 years
<i>Magarhyssa n. nortoni</i>	New Zealand	65 km in 9 years 115 km in 5 years?
	Tasmania	19 km in approx. 12 years
<i>Rhyssa p. persuasoria</i>	New Zealand	<5 km in approx. 20 years
	Tasmania	7.2 km in approx. 12 years

It is critical that a survey scheme is established in order to measure the dispersal capacity of a newly released parasitoid. This can be achieved as follows.

1. Establish Permanent Sampling Plots (PSPs) or "transects" of trees throughout the area affected by the pest so that parasitoid distribution and spread can be monitored over time. The number of plots will depend on time and resources available.
2. Visit all plots on a regular basis; for example, over a number of *Sirex* generations.

3. At each plot, record the following:

- total number of trees sampled
- estimate of the size of the *Sirex* infestation and the proportion of trees infested in the PSP
- presence/absence of the parasitoids

This survey will allow the monitoring of the rate of spread of the parasitoid over time.

Measuring the impact of parasitoids

Here we need to be able to understand the role of parasitism in limiting numbers of the pest, and some of the factors that limit impact. That is, we need some practical understanding of the spatial and temporal dynamics of parasitoid-host interactions. There are three major ways to evaluate the impact of an introduced parasitoid.

1. Compare pest densities before and after the introduction of the natural enemy.
2. Compare pest densities in control plots without the biocontrol agent with treatment plots in which the agent has been released.
3. Perform life-table analysis of the pest population after the introduction of the natural enemy.

From the experimental design point of view, method two is the best (Ludlow, pers. comm.). However, the success of this method depends on the dispersal capacity of the natural enemy. For many parasitoids, this can be quite considerable; thus method two may not be possible. Plots may have to be so far apart that climatic, edaphic, and other factors may obscure the true effects of parasitism. Greater emphasis should, therefore, be placed on methods one and three. Luck et al. (1988) include a review of method one.

All three methods require estimates of either pest densities, pest numbers, or both. The numbers of pests that die due to parasitism should also be estimated. General problems that can be encountered when measuring

parasitism have been discussed by Van Driesche (1983) and Van Driesche et al. (1991). Madden (this workshop) outlines methods for measuring parasitism of *Sirex noctilio* that were developed in Australia.

Methods one and two above may produce a clear measure of the overall impact of an introduced parasitoid on the host population. However, the interpretation of measures of parasitism obtained during such studies and for method three can sometimes be difficult. To overcome this problem, a series of life tables, collected for a number of generations of the pest, can be analysed. Bellows et al. (1992) review the general methods for estimating parasitism and the methods available for constructing and analysing a series of life tables for a pest. A series of life tables was used by Taylor (1978) for analysing the impact of *Sirex* parasitoids in Tasmania. Refer to this paper for the methods employed.

References

- Bellows, Jr., T. S.; Van Driesche, R. G.; Elkinton, J. S. 1992. Life-table construction and analysis in the evaluation of natural enemies. *Annual Review of Entomology*. 37: 587-614.
- Driesche, R. G. van [Van Driesche, R.G.] 1983. Meaning of "percent parasitism" in studies of insect parasitoids. *Environmental Entomology*. 12: 1611-1621.
- Driesche, R. G. van [Van Driesche, R.G.]; Bellows, Jr., T. S.; Elkinton, J. S.; Gould, J. R.; Ferro, D. N. 1991. The meaning of percentage parasitism revisited: Solutions to the problem of accurately estimating total losses from parasitism. *Environmental Entomology*. 20: 1-7.
- Driesche, R. G. van [Van Driesche, R.G.]; Bellows, Jr., T. S. 1996. *Biological control*. New York: Chapman and Hall. 539 p.
- Hopper, K. R.; Roush, R. T. 1993. Mate finding, dispersal, number released, and the success of biological control introductions. *Ecological Entomology*. 18: 321-331.
- Jervis, M.; Kidd, N. 1996. *Insect natural enemies: practical approaches to their study and evaluation*. London: Chapman and Hall. 491p.
- Luck, R. F.; Shepard, B. M.; Kenmore, P. E. 1988. Experimental methods for evaluating arthropod natural enemies. *Annual Review of Entomology*. 33: 362-391.
- Sutherst, R. W.; Maywald, G. F. 1985. A computerised system for matching climates in ecology. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 13: 281-299.
- Taylor, K. L. 1976. The introduction and establishment of insect parasitoids to control *Sirex noctilio* in Australia. *Entomophaga*. 21: 429-440.
- Taylor, K. L. 1978. Evaluation of the insect parasitoids of *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) in Tasmania. *Oecologia*. 32: 1-10.

Sirex noctilio problem in Brazil: detection, evaluation, and control

Edson Tadeu Iede, Susete do Rocio Chiarello Penteado, Erich G. Schaitza

Abstract

Brazil has about five million hectares of forest plantations of which two million hectares consist of *Pinus* spp. Most of these stands were planted; they contain a small number of species at high density and receive inadequate forest management. In 1988 an outbreak of *Sirex noctilio* F. was recorded in Rio Grande do Sul state. It is present in 250,000 hectares of forest, and is also advancing on Santa Catarina and Paraná states. The use of biological control is the best measure to control *S. noctilio*. The most effective agent is *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola* (Bedding), a nematode that sterilizes the *Sirex* females. Another parasite, *Ibalia leucospoides*, bred by the Programa Nacional de Controle À Vespa-da-Madeira (PNCVM) was introduced in 1989. This programme for control of *Sirex noctilio* is broad in scope; it also includes both the early detection and monitoring of the spread through the use of trap trees and ground inspections and the adoption of preventative measures through adequate forest management. Plans for the future include the introduction of the parasitoid *Rhyssa persusoria* (L.) and *Megarhyssa nortoni* (Cresson) to complement the nematode.

Introduction

Of about five million hectares of forest plantations in Brazil, two million are planted with *Pinus* spp. Most of these plantations were planted using a few species at high density and managed using inappropriate silvicultural practices. The southern region concentrates approximately one million hectares of plantations, mainly of loblolly pine, *Pinus taeda* L., and slash pine, *P. elliotii* Engelm. These conditions are ideal opportunities for pest and disease outbreaks. *Sirex noctilio* attacks were detected in Rio Grande do Sul state in 1988,

awakening the Brazilian forestry sector to the need for control strategies to prevent and monitor the pest. *S. noctilio* can currently be found in 200,000 hectares throughout the states of Paraná and Santa Catarina. Although *S. noctilio* is a minor pest in its regions of origin (Europe, Asia, and North Africa) it has become the primary pest in pine plantations where it has been introduced, in countries such as New Zealand, Australia, Uruguay, Argentina, Brazil and, more recently, South Africa.

Biological control strategies are the most efficient for controlling *S. noctilio*, especially when the nematode *B. siricidicola*, which sterilizes up to 70% of the *Sirex* females through parasitism, is used. *S. noctilio* has been kept under control by the application of forest management techniques associated with biological control.

As the pest became a serious problem to Brazilian forestry, the Fundo Nacional de Controle à Vespa-da-Madeira (FUNCEMA) was created in 1989 by public and private organizations in order to support the National Program of Wood Wasp Control (PNCVM). This program includes research activities to create and adapt technologies for the control of *S. noctilio*. At first, the program gave priority to the introduction of *B. siricidicola*. The National Program of Wood Wasp Control still includes the following practices.

1. Monitoring for the early detection and dispersal of the pest, using trap trees which are intentionally stressed to attract the insects by application of the Dicamba herbicide.
2. Adopting prevention strategies to improve the phytosanitary conditions of forest stands using silvicultural practices, especially thinning, to minimize the attacks.

3. Adopting quarantine strategies to control and slow dispersal.
4. Introducing the parasites *Ibalia leucospoides*, *Rhyssa persuasoria* and *Megarhyssa nortoni* to increase the range of natural enemies. (*M. nortoni* and *R. persuasoria* were introduced in 1996 and 1997, respectively, by means of a project supported by CABI-Bioscience and the United States Department of Agriculture Forest Service. *Ibalia leucospoides* was accidentally introduced and detected in 1990 in Rio Grande do Sul state; it is currently present in nearly all forest stands attacked by *S. noctilio*).
5. Publicizing, using the media and the researchers involved, in a vast training program for technical personnel and forest producers, to provide technical information to professionals and to inform the public. Integration within the National Program of Wood Wasp Control has been an example of the research and development policy nationwide, as more than a hundred private enterprises in Southern Brazil are involved, together with public organizations. Besides using technology, these enterprises also offer technical assistance to small-forest planters so the control strategies can reach all plantations attacked by *S. noctilio*.

Biology and ecology of *Sirex noctilio*

Sirex noctilio belongs to the order Hymenoptera, sub-order Symphyta, family Siricidae, sub-family Siricinae. Siricids develop inside tree trunks of several species and are known as horntails. This group is associated with conifers and angiosperms of northern hemisphere origin.

S. noctilio is endemic to Eurasia and North Africa, with high density populations in the Mediterranean zone. It prefers species of the genus *Pinus*, also attacking fir (*Abies*), spruce (*Picea*), larch (*Larix*) and Douglas-fir (*Pseudotsuga*).

In its countries of origin, *S. noctilio* normally develops in trees damaged or dead due to

biotic or abiotic factors, such as fire, wind, other insects, diseases, snowstorms or mechanical operations, although it can develop in healthy trees as well.

According to Smith (1988), it is also found in Germany, Australia (where it was introduced in 1951), Austria, Belgium, Cyprus, Denmark, Finland, France, Greece, Hungary, England, Mongolia, Norway, New Zealand (introduced in 1900), Poland, Romania, the former Czechoslovakia and parts of the former Soviet Union. It has more recently been introduced into Uruguay (1980), Argentina (1985), Brazil (1988), and South Africa (1994).

In Brazil, most of the adults emerge between November and April, with emergence peaks in November and December. The males emerge before the females, and there is a male/female ratio varying from 1.5:1 to 32:1.

After the initial flight period, females perforate tree trunks with their ovipositors and lay their eggs in the sapwood. They can perforate up to four galleries each time they lay eggs, and the average number of eggs in each oviposition process is 2.2. The largest females lay 300 to 500 eggs in approximately 10 days. During this process, the females introduce spores (artrospores) of the symbiotic fungus *Amylostereum areolatum* Fries (Boidin), along with a mucous secretion, which causes toxicity and the consequent death of plants.

The plantations most susceptible to *S. noctilio* attacks are generally 10 to 25 years old and under stress. Unthinned stands are more susceptible than thinned stands. The insect weakens trees by injecting the phytotoxic mucus and the spores of the symbiotic fungus *A. aureolatum* in the sapwood during oviposition. This pathogenic fungus, which is the source of nutrients for the pest larvae, dries up the wood and makes it rot. In addition, wood quality is affected by the larvae building galleries and by the entrance of secondary agents which help to damage it, limiting its use or ruining it for the market. Once the tree is dead, the wood degrades quickly; it must be used, at the most, within six months after the attack.

The attack symptoms begin to show right after the insect population peaks in the months of November and December, but become more visible from March on. The most visible external symptoms are the progressive yellowing of the crown, which afterwards becomes brownish-red; wilting of the foliage; loss of leaves; resin drops on the bark (due to the perforations made for oviposition); and holes drilled for the emergence of the adults. Internal symptoms are brown spots along the inner bark caused by the fungus *A. aureolatum* and galleries drilled by larvae, all of which affect wood quality.

Sirex noctilio completes its development in one or two years. Approximately 75% of the larvae emerge in the first year, and although some may emerge in the third year, these are not likely to survive. The larvae that complete their development within a year go through an average number of six instars, while those which take two years to develop usually go through eight. In a temperate climate in Tasmania up to twelve instars have been observed.

The detection of *S. noctilio* in Brazil

The first registry of an outbreak of *Sirex* in Brazil occurred in October 1988 in a *Pinus taeda* stand in Gramado, Rio Grande do Sul state. The insect was found at first in a five-hectare stand 13 years old, planted at a 2-meter by 2-meter spacing (2,500 trees per hectare) where the first thinning was being conducted. Some trees showing attack symptoms were cut, and siricid larvae were found inside the trunk. Galleries containing larvae and drilled holes were recently found in logs obtained from thinned trees piled inside the stand.

On the same occasion mortality of 240 trees per hectare was registered in another *P. taeda* plantation on the border between Canela and São Francisco de Paula, also in Rio Grande do Sul state. The stands, which had not undergone thinning, were about 17 years old, and the trees were spaced 2 x 2 meters. The average mortality of 9.6% was being attributed to soil exhaustion and excessive competition of plants

for nutrients, since the stand had not been thinned. When some of the trees with yellowing or dry crowns were cut, *S. noctilio* larvae were found. One of the trees cut was quite dry and had old *Sirex* galleries, proving the occurrence of attacks in former years (Iede et al. 1988).

In December 1989 *S. noctilio* was found in Lages, Santa Catarina state, in *P. taeda* trap trees. Two interceptions were made in Paraná state in 1993 and 1994, avoiding the establishment of the insect. In July 1996, however, the pest managed to get established in *P. taeda* plantations in General Carneiro, Paraná state.

S. noctilio currently occurs in approximately 200,000 hectares of *Pinus* spp. plantations in about 60 cities of the three southern states of Brazil.

National program for *S. noctilio* control

The discovery of *S. noctilio* in *Pinus* stands in Brazil has caused critical concern in the Brazilian forestry sector because of the pest's damage potential. The infestation of *P. taeda* stands by *Sirex noctilio* in southern Brazil is serious and gradually increasing. The dissemination of the pest to other *Pinus* plantations in Brazil is inevitable, since it can spread 30 to 50 kilometers per year. Urgent and efficient strategies are needed to control, monitor, and delay its advance. The National Fund for Wood Wasp Control was created in June 1989 to manage the problem. It is a non-profit civil organization formed by private and public institutions whose main objective is to generate funds for the development of the Programa Nacional de Controle à Vespa-da-Madeira (PNCVM). This program has undertaken the following activities.

Monitoring for the early detection of *Sirex noctilio*

The program originally intended to have all the *Pinus* plantations in the country mapped from satellite images. All the plantations in Rio Grande do Sul, Paraná, and Santa Catarina

states were to be allocated in detailed maps with data on the number and location of the groups of trap trees installed, the spots where *Sirex* was found, and the places where nematodes and parasites were released. Aerial and terrestrial searches were also planned.

Aerial monitoring

Aerial monitoring with visual observations in surveys for early detection of the pest and estimates of attacked areas were planned. However, this procedure has not been evaluated because of its lack of precision, since the smaller trees normally preferred by the insect are not visible from the air.

Terrestrial monitoring

The trees initially attacked by *S. noctilio* tend to present smaller diameters or be somehow damaged, although attacks to dominant trees do occasionally happen.

The use of trap trees stressed by herbicide injection is the most appropriate and efficient technique for the early detection of the pest, as well as for monitoring dispersion. Detecting *S. noctilio* during its early stages of development and colonization helps to define locations for releasing biological control agents and allows thinning practices to be carried out before the pest reaches high levels of damage. Maintaining a trap tree system may greatly increase the efficiency of biological control of *S. noctilio*.

The choice of a detection method, as well as the intensity with which it should be applied, must be based on a risk analysis of the introduction and dispersal of the pest in each region. The Centro Nacional de Pesquisa de Florestas-EMBRAPA recommends that trap trees, preferably between diameters at breast height (DBH) of 10 and 20 centimeters, be installed in groups of five, and that the distance among the groups vary according to where the pest is established:

- in areas where *Sirex* is present, as well as in areas up to 10 kilometers away from the infestation focus, install groups of five trap trees every 500 meters

- at distances between 11 and 50 kilometers from the focus, the groups should be spaced 1000 meters apart
- more than 50 kilometers from the infestation focus, especially near borders, the groups should be spaced 10 kilometers apart
- in areas more than 200 kilometers from the infestation focus, forest vigilance is the most appropriate technique

The groups of trap trees should be installed in easily accessible areas and cover the entire stand.

Other recommendations are as follows.

1. The installation of trap trees in Brazil must be done from August to October, two months before the population peaks of *S. noctilio* adults, which generally occur between November and December.
2. The groups of trap trees should be revisited in January and May to check on insect attack.
3. The process of installing trap trees must be carried out every year, since there is a progressive reduction in trees attracting *S. noctilio* from one year to the next.
4. Trees with DBH under 30 centimeters should receive a dose of one to two milliliters of the herbicide Dicamba at 20%, or Tordon at 10%, every 10 centimeters in the circumference, while trees with DBH greater than 30 centimeters should receive the same dose every 8 centimeters in the circumference.

As soon as *S. noctilio* is detected in a region, the number of groups of trap trees should be increased and installed in susceptible plantations, close to saw mills, along the main wood transportation routes, and on the borders of the area of natural dispersion of the pest. After detection, trap trees must be annually installed to receive the inoculation of *B. siricidicola*. Once the biological control agents are established in the region and the

population of *S. noctilio* declines, groups of trap trees must be planted for monitoring the presence of the pest and its natural enemies.

Prevention strategies

It is currently estimated that most of the plantations still show low levels of mortality; only a small portion of the total forest is under high attack levels. If, however, monitoring, prevention, and control strategies are not carried out, this condition will worsen.

Trees resistant to *S. noctilio* are those which remain free of injuries and continue growing vigorously in good sites and well-managed blocks. The level of mortality of the trees is significantly related to the DBH of the trunk. Trees with low DBH show higher levels of mortality than thicker ones inside the same stand.

Management practices tend, therefore, to impose limits on long rotations and, more important, to draw attention to the composition, structure, age, and vigor of the forest, in order to avoid serious insect attacks. According to Davis (1966), more effective pest control may be obtained through silvicultural practices in the long run, creating a reasonable forest-insect resistance. Complete control will never be attained this way, but the loss caused by insects may be reduced.

Thinning is one of the most important silvicultural practices, conducted in order to accelerate or modify the course of competition. The position of the crown is an important criteria in deciding which trees to cut and which to favor. Vigorous trees that outgrow their neighbors dominate the canopy. These trees usually have a greater chance of surviving future competition than do less vigorous ones which take lower positions in the forest.

Most of the thinning practices reduce loss due to damaging agents not only because thinning works as a prevention strategy, but also because it increases the vigor and resistance of the trees. Thinning can only enhance the susceptibility of trees to insect attack under special circumstances, as when it is carried out

during the flight period of the pest.

Biological control

Successful experiences in which the pest was introduced have demonstrated that biological control, along with prevention strategies, is the most efficient and economical method for controlling *Sirex*, especially since it is an exotic insect introduced to the advantage of not having natural enemies.

In order to test a similar system in Brazil, the nematode *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola* and the parasites *Ibalia leucospoides*, *Rhyssa persuasoria* and *Megarhyssa nortoni*, were introduced to control *S. noctilio*, to make the ecosystem of the pest more stable.

Nematodes. The most effective biological control agent of the *S. noctilio* is the nematode *B. siricidicola*, which sterilizes adult *S. noctilio* females. Cultures of these agents were developed in Australia and sent to Brazil in 1989 and 1990. The first inoculations were made at the end of August 1989 and between February and August in the following years.

This nematode has two life cycles: a free-life one, during which it feeds on *Amylostereum areolatum*, the symbiotic fungus associated with *S. noctilio*, and a parasite-life one, inside *S. noctilio* larvae, pupae, and adults. As its free-life cycle is based on the fungus *A. areolatum*, it is easily bred in laboratory conditions and then released in the field by application into trees attacked by *S. noctilio*, where it can achieve parasitism levels close to 100%.

The inoculation of *B. siricidicola* in trees is done with a special hammer used to make holes in the trunk spaced 30 centimeters apart. The nematodes, sent to the field in 20 milliliter doses (each one containing approximately one million nematodes measuring five to 25 millimeters in length), are mixed in a gelatinous solution at 10% and introduced by a syringe into the holes made with the hammer.

After the inoculation, the nematodes penetrate the wood in search of the fungus they feed on, and reproduce, originating young nematodes in free-life cycle. When they find *Sirex* larvae,

however, they develop into infectious adult forms and penetrate the larvae, leaving a scar in the integument. They double their size inside the larvae, and when the host pupates, they move to the reproductive organs and penetrate the ovaries, sterilizing the female *Sirex noctilio*. The infected adult females emerge from the trees and lay their eggs, but these eggs are not fertile and may contain between 100 and 200 nematodes each.

The average level of parasitism obtained in Australia with the nematode was 70%. Although the level of parasitism verified for the nematode in the attacked areas in Rio Grande do Sul and Santa Catarina in Brazil has been quite variable, it was found to be as high as 70 or 80% in a 12,000-hectare *Pinus taeda* plantation in Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul.

Parasites. *Ibalia leucospoides* was detected in Brazil for the first time in December 1990 in *Pinus* plantations attacked by *S. noctilio* around the city of São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul (Carvalho, 1991). It is nowadays possibly established in nearly all cities in Rio Grande do Sul and Santa Catarina where *S. noctilio* occurs, and in Paraná state, where the pest is more recent. Evaluations indicate a level of parasitism up to 39%, with an average close to 25%.

Eggs and larvae of first and second instar suffer parasitism. This parasite is attracted to the oviposition holes of the host when the fungus *A. areolatum* begins to spread (Madden, 1968; Spradbery, 1974).

The parasites *Rhyssa persuasoria* and *Megarhyssa nortoni* have long ovipositors and therefore attack larvae in more advanced stages of development. The parasite introduces the ovipositor into the wood in search of the host larvae. The parasite first paralyzes the *S. noctilio* larvae with its sting, and then lays its eggs on the body of the host. After the eggs hatch, the parasite larvae feed on the host, and after consuming it, are transformed into pupae.

In this group of species, most of the members of each generation undergo a diapause in the larval state once they are completely fed. They pupate in the following spring and emerge

when the host larvae move towards the tree bark to pupate. Those which do not undergo diapause pupate immediately, to emerge in the beginning of summer.

According to Taylor (1967), *I. leucospoides* may spread quickly over long distances—up to 80 kilometers—and when it reaches new areas it reproduces intensively. It has also been observed that *I. leucospoides* is more efficient in dry places.

Taylor (1967) observed that *Rhyssa* spp. and *Megarhyssa* spp. can spread over all areas infested by *Sirex*, between seven and 18 kilometers from the release point.

The complex of parasites (*Ibalia* + *Rhyssinae*) can eliminate up to 70% of the population of *Sirex noctilio* in certain places (Nuttall 1989). It doesn't usually, however, exceed 40% of the population, an insufficient percentage to keep *S. noctilio* attacks from reaching high levels. Nevertheless it is important to maintain the ecosystem/pest equilibrium.

Quarantine strategies

Sirex noctilio can spread naturally between 30 and 50 kilometers per year. However, the transportation of wood from attacked areas to plantations where it hasn't yet been detected increases the possibilities of its dispersal. That is probably how *S. noctilio* was introduced in Brazil, coming from Uruguay. For that reason, monitoring affected areas and prohibiting transportation of wood from attacked areas to non-attacked ones are strategies which can help avoid the dispersal of the pest.

General recommendations

Sirex noctilio is essentially a secondary, opportunistic pest. The prevention of economically important damage in *Pinus* spp. plantations is a management problem which may be mitigated by monitoring forest stands and by using appropriate silvicultural practices. Healing procedures include phytosanitary thinning and the use of biological control agents.

References

- Bedding, R. 1972. Biology of *Deladenus siricidicola* (Neotylenchidae) an entomophagous-mycetophagous nematode parasitic on woodwasps. *Nematologica*. 18:482-493.
- Bedding, R. A. 1989. Relatório e recomendações sobre o ataque de *Sirex* no Brasil. Curitiba: EMBRAPA-CNPq. 8p.
- Bedding, R. A.; Akhurst, R. J. 1989. Use of *Deladenus siricidicola* in the biological control of *Sirex noctilio* in Australia. *Journal of Australian Entomological Society*. 13: 129-135.
- Carvalho, A. G. 1991. Parasitismo de *Ibalia* sp. (Hymenoptera: Ibalidae) em *Sirex noctilio* Fabricius, 1793 (Hymenoptera: Siricidae) em São Francisco de Paula, RS. *Boletim de Pesquisa Florestal*. Curitiba: EMBRAPA/CNPq.
- Chrystal, A. G. 1930. Studies on the *Sirex* parasites: the biology and post-embryonic development of *Ibalia leucospoides* Hochenw. (Hymenoptera: Cynipoidea). *Oxford Forestry Memories*. 11: 1-63.
- Coutts, M. P. 1968. Rapid physiological change in *Pinus radiata* following attack by *Sirex noctilio* and its associated fungus *Amylostereum* spp. *Australian Journal of Science*. 30 (7): 274-276.
- Coutts, M. P. 1969. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata* I. Effects of the symbiotic fungus *Amylostereum* (Thelophoraceae). *Australian Journal of Biological Science*. 22: 915-924.
- Davis, K. M. 1966. Forest management: regulation and valuation. 2 ed. New York: McGraw-Hill. 516 p.
- Furniss, R. L.; Carolin, V. W. 1977. Western forest insects. Washington: USDA Forest Service. 654 p.
- Gilbert, J. M.; Miller, L. W. 1952. An outbreak of *Sirex noctilio* (F.) in Tasmania. *Australian Forestry*. 16: 63-69.
- Gilmour, J. M. 1965. The life cycle of the fungal symbiotic of *Sirex noctilio*. *New Zealand Journal of Forestry*. 10 (1): 80-89.
- Hanson, H. S. 1939. Ecological notes on the *Sirex* woodwasps and their parasites. *Bulletin of Entomological Research*. 30 (1): 27-65.
- Haugen, D. A. 1990. Control procedures for *Sirex noctilio* in the green triangle: review from detection to severe outbreak (1977-1987). *Australian Forestry*. 53 (1): 24-32.
- Haugen, D. A.; Underdown, M. G. 1990. *Sirex noctilio* control program in response to the 1987 green triangle outbreak. *Australian Forestry*. 53 (1): 33-40.
- Iede, E. T. 1988. Estratégia de ação para a busca e controle de *Sirex noctilio* em *Pinus*. Curitiba: EMBRAPA-CNPq. 5 p.
- Iede, E. T.; Penteadó, S. R. C.; Bisol, J. C. 1988. Primeiro registro de ataque de *Sirex noctilio* em *Pinus taeda* no Brasil. *Circular Técnica* 20. Curitiba: EMBRAPA-CNPq. 12 p.
- Iede, E. T.; Bedding, R. A.; Penteadó, S. R. C.; Machado, D. C. 1989. Programa Nacional de Controle da vespa-da-madeira-PNCVM. Curitiba: EMBRAPA-CNPq. 10p.
- Kile, G. A.; Turnbull, C. R. A. 1974. Drying in the sapwood of radiata pine after inoculation with *Amylostereum areolatum* and *Sirex mucus*. *Australian Forestry Research*. 6 (4): 35-40.
- Madden, J. L. 1974. Oviposition behavior of the woodwasp, *Sirex noctilio* F. *Australian Journal of Zoology*. 22: 341-51.
- Madden, J. L. 1975. An analysis of an outbreak of the woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae), in *Pinus radiata*. *Bulletin of Entomological Research*. 65: 491-500.

- Madden, J. L. 1988. *Sirex* in Australia. In: Berryman, A.A. Dynamics of Forest Insect Populations. Australia: Plenum Pub. Corp. 407-427.
- Miller, D.; Clark, A. F. 1935. *Sirex noctilio* F. and its parasite in New Zealand. Bulletin of Entomological Research. 26: 149-154.
- Morgan, D. F. 1968. Bionomics of Siricidae. Annual Review of Entomology. 13: 239-256.
- Morgan, F. D.; Stewart, N. C. 1966. The biology of the woodwasp *Sirex noctilio* (F) in New Zealand. Transactions of the Royal Society of New Zealand. 7 (14): 195-204.
- Neumann, F. G. 1979. Insect pest management in Australian radiata pine plantations. Australian Forestry. 42: 30-38.
- Neumann, F. G.; Morey, J. L.; McKimm, R. J. 1987. The *Sirex* wasp in Victoria. Lands and Forest Division Bulletin. 29: 1-41.
- Nuttall, M. J. 1980. *Deladenus siricidicola* Bedding (Nematoda: Neotylenchidae): Nematode parasite of *Sirex*. Forests and Timber Insects in New Zealand. 48: 1-8.
- Rawlings, G. B. 1953. Insect epidemics on forest trees in New Zealand. New Zealand Journal of Forestry. 6 (5): 405-412.
- Rawlings, G. B.; Wilson, N. M. 1949. *Sirex noctilio* as a beneficial and destructive insect to *Pinus radiata*. New Zealand Journal of Forestry. 6: 1-11.
- Rebuffo, S. 1990. La "Avispa de la Madera" *Sirex noctilio* F. en el Uruguay. Montevideo: Dir.For. 17p.
- Smith, D. R. 1978. Hymenopterorum Catalogus-Suborder Symphita (Xyelidae, Pararchxyelidae, Parapamphiliidae, Xyelydidae, Karatavitidae, Gigasiridae, Sepulcidae, Pseudosiricidae, Anaxyelidae, Siricidae, Xiphydriidae, Paroryssidae, Xyelotomidae, Blasticotomidae, Pergidae). Holland: W. Junk. 59-63.
- Spradbery, J. P.; Kirk, A. A. 1978. Aspects of the ecology of siricid woodwasps (Hymenoptera: Siricidae) in Europe, North Africa and Turkey with special reference to the biological control of *Sirex noctilio* F. in Australia. Bulletin of Entomological Research. 68: 341-359.
- Taylor, K. L. 1967. The introduction, culture, liberation and recovery of parasites of *Sirex noctilio* in Tasmania, 1962-67. CSIRO Paper 8. Melbourne: CSIRO. 19 p.
- Taylor, K. L. 1976. The introduction and establishment of insect parasitoids to control *Sirex noctilio* in Australia. Entomophaga. 21: 429-440.
- Taylor, K. L. 1981. The *Sirex* woodwasp: ecology and control of an introduced forest insect. In: The Ecology of pests: some Australian case histories. Australia: CSIRO. 12: 231-248.
- Zondag, R. 1959. Progress Report on the Establishment in New Zealand of *Ibalia leucospoides* a parasite of *Sirex noctilio*. New Zealand Forestry Research Notes. 20: 1-9.
- Zondag, R. 1969. A nematode infection of *Sirex noctilio* F. in New Zealand. New Zealand Journal of Science. 12: 732-747.

Sampling methods for evaluating *Sirex noctilio* attack levels in *Pinus taeda* stands and for monitoring the efficiency of its natural enemies

Susete do Rocio Chiarello Penteado; Edilson Batista de Oliveira; Edson Tadeu Iede

Abstract

Brazil has about five million hectares of forest plantations, of which two million are planted with *Pinus* spp. South Brazil and São Paulo state have 1.2 million hectares of pine plantations, mainly planted with loblolly pine (*Pinus taeda* L.) and slash pine (*Pinus elliottii* Engelm.). These forests provide the raw material for Brazil's pulp and paper, particleboard, ply and veneer, sawing, and resin industries.

Due to lack of proper forest management, large areas of pine forests are in bad phytosanitary condition; these forests are vulnerable to pests and diseases. *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) registers the largest amount of damage in these forests. A native of Europe, Asia, and Northern Africa, *S. noctilio* was detected in Brazil in February 1988. By 1997, *S. noctilio* could be found in 250,000 hectares in Rio Grande do Sul, Santa Catarina, and Paraná states.

The nematode *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola* (Bedding) (Nematoda: Neotylenchidae) and the parasitode *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibalidae) are used to control *Sirex*. *B. siricidicola* acts in the reproductive system of female *S. noctilio* to make them sterile. *I. leucospoides* attacks eggs and first and second instar larvae.

This paper aims at defining sampling methods for the evaluation of damage caused *S. noctilio* and for monitoring the efficiency of its natural enemies.

Methodology

All field trials were carried out in *P. taeda* stands located at Encruzilhada do Sul, RS, and Lages, SC. In each place, five *P. taeda* trees under attack by *S. noctilio* were inoculated with *B. siricidicola*. Subsequently, the trees were divided into billets, which were stored in meshed cages in the laboratory.

Distribution of insects along the stems of *Pinus taeda*

All emerging adults of *S. noctilio* and *I. leucospoides* were collected and counted to determine the distribution of insects along the stems of *P. taeda*. *S. noctilio* adults were dissected and analyzed under a stereomicroscope to determine the presence of nematodes in their reproductive systems.

A regression analysis was used to determine the insects' distribution along the stem. The relative height of each billet was calculated by measuring the distance from the mean point of the billet to the base of the tree and dividing by the total height of the tree.

Polynomial models up to the fourth degree were used in the regression analysis, with the number of insects as dependent variable, and

relative height, $\frac{h_i}{H}$ as independent variable, where:

h_i = height of tree on point i

H = total height of tree

In addition, polynomial models up to the fourth degree using $\frac{hi}{H}$ as independent

variable and $\frac{di}{BHD}$ as dependent variable were used to describe the variation diameters along the stem (dos) (di = diameter of stem, hi = height, and BHD = Breast Height Diameter). This analysis aimed at studying the occurrence of insects also in relation to stem taper.

An analysis of the percentage of residue was made based on Neter and Wasserman (1974) to determine the variation between the number of insects in each billet and the position of the billet in the stem.

Size of sample of *Pinus taeda*

The sample size for populational evaluation of *S. noctilio* and of parasitism with *B siricidicola* and *I. leucospoides* was determined by a variance analysis using a mixed model of hierarchical model, with three stages, as in Snedecor and Cochran (1978), and Lima (1979):

$$y_{ijk} = \mu + a_i + p_{ij} + t_{ijk}$$

where:

y_{ijk} = observation in billet k , at position j , of tree i

μ = populational mean

a_i = effect of tree i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$)

p_{ij} = effect of position j (j = upper, middle, and lower) of tree i

t_{ijk} = effect of billet k ($k = 1, 2, 3, \dots, 7$) at position j of tree i

A double entry table of variation coefficients was built with the proposed model, considering that the number of trees varied from one to five (rows of the table) and billets varied from one to seven (columns of the table), with a fixed position of stem

previously determined in the study of insects' distribution along the stem.

Sequential sampling to define *Sirex noctilio* attack level in *Pinus taeda* stands

Because of its cost effectiveness and precision, sequential sampling was chosen to define the *Sirex noctilio* attack level in *P. taeda* stands.

Theoretical approaches were based on Penteadó et al. (1993) and Penteadó (1995).

Results

Distribution of insects along the stems of *Pinus taeda*

The model which best described the distribution of insects in relation to tree height was:

$$\text{No. of insects} = a \left(\frac{hi}{H} \right) + b \left(\frac{hi}{H} \right)^2$$

The results indicated that although the largest amount of wood is in the first 30 % of the stem, this area presented a smaller incidence of insects. From this point to the top of the tree, the distribution of insects is regular and proportional to the wood volume of each section. The low occurrence of *I. leucospoides* led to a not-so-marked curve, but the trend is similar to that seen for *S. noctilio* (see Figures 1 and 2).

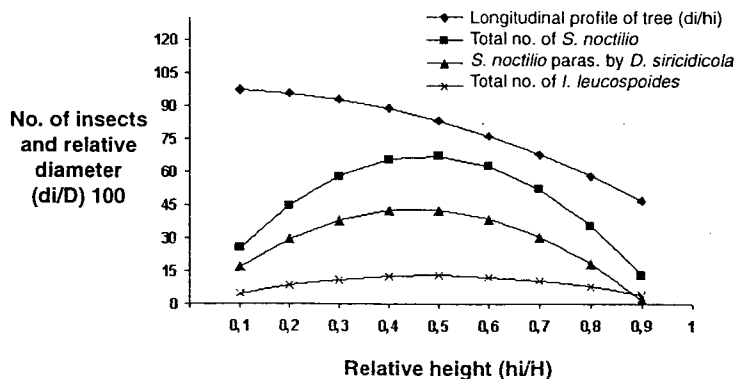


Figure 1. Relation between the total numbers of *Sirex noctilio* and *Ibalia leucospoides* and stem taper in *Pinus taeda* trees at Encruzilhada do Sul, RS.

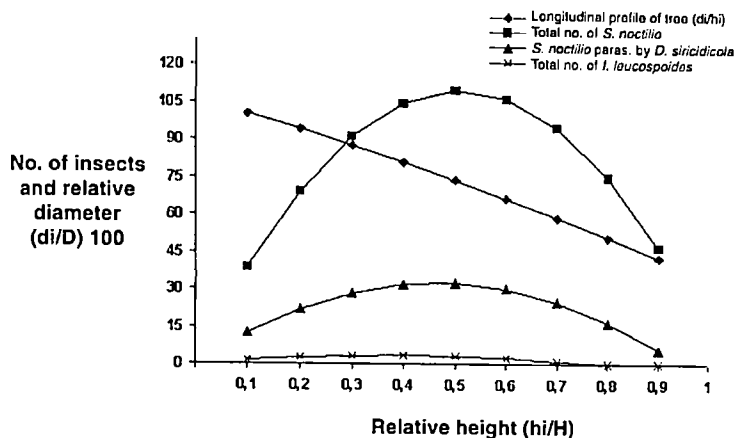


Figure 2 - Relation between the total numbers of *Sirex noctilio* and *Ibalia leucospoides* and stem taper in *Pinus taeda* trees at Lages, SC.

The non-preference of insects for the initial 30% of the stem may be related to its high humidity content. Humidity content analysis (Table 1) showed that humidity is higher in the first third of the stem, with 86.4 % in Encruzilhada do Sul, and 96.2% in Lages. Bark thickness could also act as a physical barrier to egg laying, both for *S. noctilio* and for *I. leucospoides*.

Table 1. Breast height diameter (BHD), height and humidity (dry weight basis) of *Pinus taeda* trees selected for *Deladenus siricidicola* inoculation at Encruzilhada do Sul, RS, and Lages, SC. 1993-1994

Place	BHD (cm)	Height (m)	Humidity Content (%)			Average
			Lower third	Middle third	Upper third	
Encruzilhada do Sul-RS						
Tree 1	19.00	12.30	119.86	29.78	22.68	57.44
Tree 2	18.70	9.70	64.15	29.77	23.17	39.03
Tree 3	16.30	9.70	72.28	29.30	23.14	41.57
Tree 4	20.40	11.30	80.07	31.61	23.64	45.11
Tree 5	16.00	10.80	95.64	29.37	23.02	49.34
Average	18.08	10.76	86.40	29.97	23.31	46.50
Lages-SC						
Tree 1	22.10	16.00	126.35	35.23	31.02	64.20
Tree 2	19.70	14.80	59.73	38.80	29.32	42.62
Tree 3	12.90	12.00	49.57	38.69	28.79	39.02
Tree 4	27.60	15.30	146.80	50.40	33.11	76.77
Tree 5	16.40	15.50	98.69	35.11	34.93	56.24
Average	19.74	14.72	96.23	39.65	31.43	55.77

The residues analyses (Figures 3 and 4) indicated that the samples had a high dispersion at the first third of the tree in relation to the curve of the regression equation.

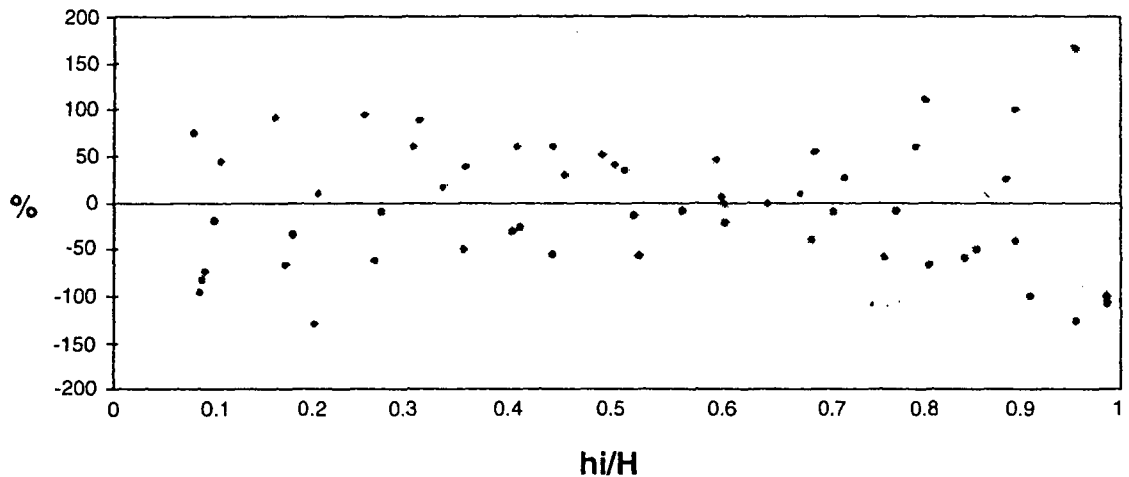


Figure 3. Residue of total number of *Sirex noctilio* and *Ibalia leucospoides* in relation to *Pinus taeda* tree height. Encruzilhada do Sul, RS. 1993-1994.

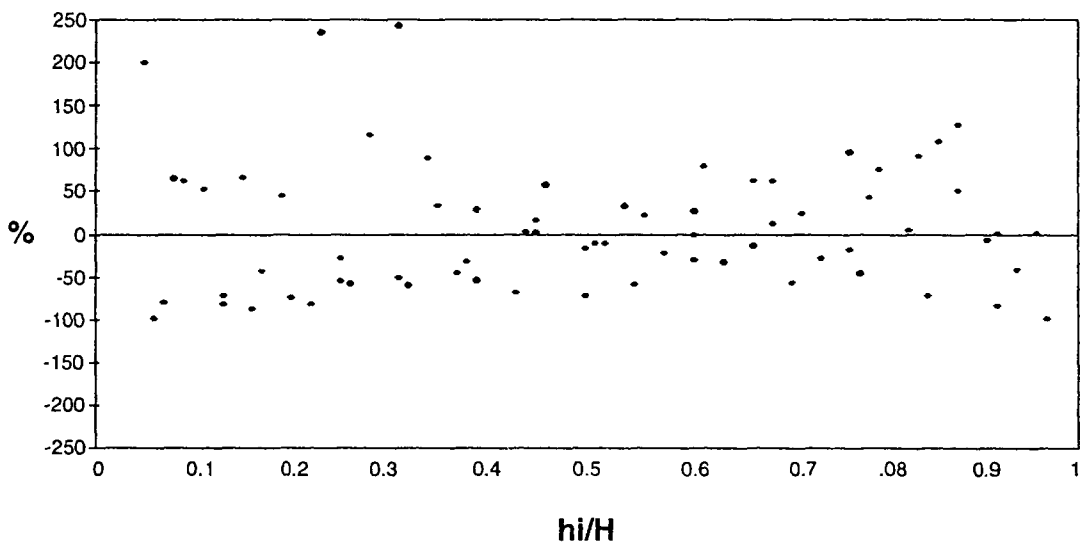


Figure 4. Residue of total number of *Sirex noctilio* and *Ibalia leucospoides* in relation to *Pinus taeda* tree height. Lages, SC. 1993-1994.

A large dispersion was also noted above 80% of tree height. The stem section between these two heights showed a smaller number of errors. The larger variability noted at the base and at the top of the stem is related the occurrence of fewer insects in these regions. Therefore, sampling should be made in the portion between 30% and 80% of the relative height of the tree.

Size of sample of *Pinus taeda*

The first step of sampling is the determination of the desired precision. Table 2 presents the number of billets and trees that should be sampled to achieve a certain precision represented by a coefficient of variation.

Table 2. Coefficient of variation for total number of *Sirex noctilio* and *Ibalia leucospoides* as a function of the number of trees and the number of billets per tree of *Pinus taeda*

Number of Trees	Number of Billets						
	1	2	3	4	5	6	7
	Coefficient of Variation %						
1	43.17	35.85	33.04	31.55	30.62	29.98	29.52
2	30.53	25.35	23.36	22.31	21.65	21.20	20.87
3	24.94	20.71	19.09	18.23	17.69	17.33	17.06
4	21.59	17.92	16.52	15.77	15.31	14.99	14.76
5	19.34	16.06	14.81	14.15	13.73	13.45	13.24

Use of the Coefficient of Variation Table (CV Table)

Operational ease and available room for sample storage should be considered when using the CV table. These two aspects will define the number of trees and billets that will be sampled.

The sampling of three trees and three billets gives a CV of about 19% (see Table 2) which can be considered appropriate to field conditions, i.e., the sample will have nine billets (three per tree). The number of billets can be reduced by increasing the number of trees. If five trees are sampled, only one billet for each tree is necessary. The final sample will have only five billets (almost half the previous sample size) with the same CV.

The researcher can decide sample size in the field based on requirements and convenience; e.g., if natural parasitism of *B. siricidicola* is to be evaluated, and the felling of trees is required, a smaller number of trees and a larger number of billets may be the most operational choice. On the other hand, if parasitism of inoculated trees is to be evaluated, and trees have already been felled, there is no need to take more trees or billets. In both cases the factor limiting the number of billets in the final sample will be the amount of storage space and kind of transport available.

Sequential sampling to define *Sirex noctilio* attack level in *Pinus taeda* stands

The method employed in this sampling procedure is based on the sequential sampling technique, where samples do not have a fixed size. Size of samples is determined at the time that intermediate results are obtained.

Table 3 (right) shows how to determine whether the number of samples collected is large enough. Use of the table allows economy of time and resources without loss of precision.

Use of the sequential sampling table

1. Start by sampling 68 trees.
2. Record the number of attacked trees.
3. If 34 or more trees have been attacked, the sample is complete.
4. If fewer than 34 trees have been attacked, sample another six trees.
5. If 36 or more trees have been attacked, the sample is complete.
6. If fewer than 36 trees have been attacked, sample another six trees.
7. The process continues until the number in column two is equal to or greater than the corresponding number in column three, or until 272 trees have been sampled.

Number of sampled trees	Number of attacked trees	
	Trees attacked in the sample	Minimum to stop sampling
68		34
74		36
80		37
87		38
94		39
102		41
111		42
121		44
132		45
145		46
159		48
175		49
194		50
215		52
241		53
272		54
272		49
272		44
272		38
272		27
272		22
272		16
272		11
272		5
272		1

Table 3 -Definition of sample size for the evaluation of percentage of trees attacked by *Sirex noctilio* in *Pinus taeda* stands by the use of sequential sampling.

The percentage of trees attacked by *S. noctilio* is given by:

$$\% \text{ attack} = 100 \left(\frac{\text{no. of trees attacked}}{\text{no. of trees sampled}} \right)$$

Conclusions

- the first third of the stem is the least preferred by *S. noctilio* and its natural enemies
- samples to evaluate *S. noctilio* population and parasitism levels of *D. siricidicola* and *I. leucospoides* should be collected in the segment between 30% and 80% of stem length, i.e., in the medium third and in the lower half of the upper third of the stem
- the CV table is a valuable tool in planning the monitoring of the activities of *S. noctilio* and its enemies; precision of results, storage of samples, and operational costs should be considered
- sequential sampling is a viable alternative for the evaluation of *S. noctilio* attack level in *P. taeda* stands; it is fast, cost-effective, and reliable

Recommendations

1. Although CV tables can help to define the number of trees and billets that should be collected, choice of trees is very important. It is recommended that only billets with resin drops be collected. This guarantees a reasonable number of insects in the billet.
2. Variations among stands and within stands due to soil, age, and management can interfere with the precision of results; if necessary, sampling should be done for each different condition.
3. Sequential sampling requires homogeneous areas. If variations occur in the same stand, the stand should be stratified and evaluations made within each stratum.

References

- Iede, E. T.; Penteado, S. R. C.; Bisol, J. C. 1988b. Primeiro registro de ataque de *Sirex noctilio* em *Pinus taeda* no Brasil. (EMBRAPA-CNPQ Circular Técnica 20) Colombo: EMPRABA-CNPQ. 12 p.
- Lima, P. C. 1979. Método de amostragem para a avaliação do índice de infecção da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. E Br.). Piracicaba: Tese (Mestrado em Estatística e Experimentação Agrícola)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz". 65 p.
- Mendenhall, W. 1985. Probabilidade e estatística. Rio de Janeiro: Campus. 489 p.
- Neter, J.; Wasserman, W. 1974. Applied linear statistical models. Richard D. Irwin, Inc. 842 p.
- Penteado, S. R. C.; Oliveira, E. B.; Iede, E. T. 1993. Amostragem sequencial para determinação de níveis de ataque de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) em povoamentos de *Pinus* spp. In: Conferência regional da vespa-da-madeira, *Sirex noctilio*, na América do Sul; 1992; Florianópolis. Anais. Colombo: EMBRAPA/FAO/USDA/FUNCEMA: 175-181.
- Penteado, S. R. C. 1995. Métodos de amostragem para avaliação populacional de *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae) e de seus inimigos naturais, em *Pinus taeda* L. e aspectos do controle biológico. Curitiba: Tese (Mestrado em Ciências Biológicas)-Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. 131 p.
- Snedecor, G. W.; Cochran, W. G. 1978. Métodos Estadísticos. Companhia Editorial Continental, S.A. México. 703 p.

Biological aspects of *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera, Siricidae) and its parasitoid *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibalidae)

Wilson Reis Filho; Edson Tadeu Iede; Susete do Rocio Chiarello Penteado

Abstract

These observations are based on examination of infested logs collected from the field in March 1995 and maintained in non-controlled environmental conditions. The short cycle occurrence of *Sirex noctilio* and its parasitoid *Ibalia leucospoides* in 1995 was from April 8 to June 1. These same logs produced a long cycle generation that appeared from October 14 to February 4. The average body length of a short-cycle *S. noctilio* adult was 13.84 centimeters for females and 10.71 centimeters for males. *I. leucospoides* adults in the same cycle were 10.06 centimeters and 9.35 centimeters for females and males respectively. Parasitism rate was 4.85%. Long-cycle *S. noctilio* adults measured an average of 26.35 centimeters for females and 22.53 centimeters for males. Females and males of *I. leucospoides* measured 12.05 centimeters and 10.15 centimeters, respectively. Parasitism rate in this cycle was 23.45 percent. It was verified that 8°C was the most recommended temperature for *I. leucospoides* storage, with a survival rate of 100% for up to 35 days, longevity being extended by non-controlled environmental conditions for an average of 15 to 30 days. It was also verified that feeding did not affect *I. leucospoides* longevity, and that in any tested diet the temperature of 12°C produced the highest longevity rate (80.2 days).

Introduction

Sirex noctilio F. originated in Europe, Asia, and North Africa (Morgan 1968). It was reported in southern Brazil in the municipalities of Gramado and Canela, RS in 1988 (Iede et al. 1988, Pedrosa-Macedo 1988). Since then it has become a serious menace to the Brazilian

national forestry sector, having already reached the states of Santa Catarina and Paraná.

Due to the importance of the insect, private companies and public institutions created the National Fund for Wood Wasp Control (FUNCEMA). FUNCEMA's main objective was to finance the National Program for Wood Wasp Control (PNCVM) (Iede et al. 1989).

As *S. noctilio* is an exotic species, biological control was emphasized, particularly the use of the *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola* (Bedding) nematode. The PNCVM also foresaw the introduction of *Ibalia leucospoides* (Hochenwarth), *Rhyssa persuasoria* (L.), and *Megarhyssa nortoni* (Cresson), as they are the species with best possibilities of adapting to Brazilian conditions (Iede et al. 1989). In 1990, after the accidental introduction of *I. leucospoides* was verified, new possibilities of advance in *Sirex* control appeared.

This study investigated *Sirex noctilio* and *I. leucospoides* adult population fluctuation in two emergence periods (annual cycle and short cycle), as well as temperature and feeding influences on *I. leucospoides* longevity.

Literature review

Even before the 1952 *Sirex* report in southern Tasmania, it had been recognized as a serious menace to Australian *Pinus* plantations, as it had already caused considerable damage to *P. radiata* D. Don in New Zealand. In 1961, *S. noctilio* was detected on the Australian continent, where a biological control program was developed. Its objective was to collect parasitoids from the regions where *Sirex* originated in order to rear them in the laboratory and then release them (Taylor 1976).

One of the parasitoid groups used for siricid control is the Ibalidae, which attack eggs and/or larvae in a first or second instar (because they possess a short ovipositor). They are attracted to *Sirex* oviposition holes only when the symbiotic fungus starts to grow, which occurs at the same time as host egg eclosion (Madden 1968; Spradbery 1974). The larval period presents four instars, three of them occurring inside the host larvae, and the fourth in wood galleries (Nuttall 1980). Males, small adults between 5 and 16 millimeters, emerge a few days before females (Nuttall 1980). According to Taylor (1967), *I. leucospoides* disperses over long distances, reproducing intensively in new areas.

Ibalia species are the only Siricid larval endoparasitoids found in European, Asian, and North American forest regions (Weld 1952).

According to Weld (1952), Rebuffo (1990), Carvalho (1993) and Klasmer (1996), *I. leucospoides* presently occurs in the following countries: France, England, Germany, Austria, Russia, New Zealand and Australia (including Tasmania), Uruguay, Argentina, and Brazil.

According to Weld (1952), *Sirex juvencus*, *S. noctilio*, *S. cyaneus*, *Urocerus gigas*, and possibly *Xeris spectrum*, are all *I. leucospoides* hosts.

The utilization of parasitoids in *S. noctilio* biological control started in New Zealand in 1928, with the successful introduction of *Rhyssa persuasoria*, collected in Europe (Chrystal 1930; Hanson 1939). In the same period, *I. leucospoides* was introduced in England, but its establishment was verified only in 1957, after a second introduction in 1950 (Zondag 1959). According to Taylor, (1976; 1981), *I. leucospoides* was introduced in Tasmania between 1959 and 1960, through collecting in New Zealand.

In South America, *I. leucospoides* was first reported in Uruguay, in 1984, where it attacked an average 24% of the *S. noctilio* population (Rebuffo 1988); according to Klasmer (1996), in 1993 and 1994 the attack rate reached 20% in Argentina. In Brazil, the parasitoid was detected in 1990, where it controlled up to 29% of the pest (Carvalho 1992). In none of these places was there an intentional release of *I. leucospoides* (Iede, pers. comm.).

In Brazil this parasitoid occurs in nearly all areas where its host is present. In some cases, they were brought up in laboratory and later released in fields by reforestation companies, with the objective of introducing the parasitoid in areas where it was not yet present or in the attempt to increase parasitism rates (Penteado 1995).

In many trees, symbiotic fungus growth happens in three to five weeks. But in some cases, due to high wood humidity, fungus development is retarded, and *Sirex* egg eclosion can take more than 12 months (Spradbery 1974, quoted by Taylor 1976).

Carvalho (1992), verified that the duration of the *I. leucospoides* short cycle in Brazil, from the egg to the emergence of the adult, was from 90 to 95 days. On the other hand, Chrystal (1930), verified in England, in temperate weather, that the duration of this period was not less than three years.

According to Taylor (1966), *I. leucospoides* is one of the most efficient *S. noctilio* parasitoids, because of its high reproductive capacity, independent of whether food is available.

For mass production of *I. leucospoides* the use of small *Pinus taeda* logs one meter in length and 15 to 20 centimeters in diameter, in which *S. noctilio* eggs have been laid, is recommended. These small logs should be offered to *I. leucospoides* couples, previously mated in glass flasks, preferably in a controlled cabinet with temperature of 25°C and 70% humidity. EMBRAPA Florestas recommends that, as *I. leucospoides* males emergence a few days before females, they should be stored at a temperature between 4 and 6°C, for up to four weeks, as couples are gradually formed.

Carvalho (1992) discovered that at room temperature, when *I. leucospoides* was fed honey and water, its longevity increased an average of 15 days for males and 25.1 days for females. Longevity of non-fed insects was 15.2 days for males and 15.9 days for females. Taylor (1967), offering honey and raisins to *I. leucospoides* and *I. ensiger* adults, verified that they rarely fed themselves. Egg laying was not affected by the absence of food or water.

Methodology

Ibalia leucospoides specimens used in this study were obtained from small (80-centimeter) *Pinus taeda* logs attacked by *Sirex noctilio*, collected in March 1995, at São José do Cerrito, SC. To record the emergence of adults, the small logs were put in 200-liter barrels and covered with a net. These barrels were maintained in the EMBRAPA Florestas entomology laboratory in non-controlled environmental conditions (average temperature 20°C and 68+ 10% humidity).

The influence of temperature on the storage period was determined by individualizing ten adults in bakelite flasks of five centimeters in height and four centimeters in diameter. The temperatures of 0°C, 4°C, 8°C, and 12°C were tested, at storage periods of 5, 10, 15, 20, 25, 30, and 35 days. BOD incubators that provided a variation of up to +1°C were used.

The influence of food on *I. leucospoides* longevity was observed by offering hydrolyzed protein at 5 percent, honey at 20 percent, and water alone, to recently emerged adults, at the temperatures of 12°C, 25°C, and room temperature.

Results and discussion

Population fluctuation of *Sirex noctilio* and *Ibalia leucospoides*

The emergence period of short-cycle *Ibalia leucospoides* and *Sirex noctilio* occurred from April 8 to June 1. Long-cycle individuals were obtained from the same logs. These emerged from October 14 to February 4. Iede et al. (1993), Carvalho (1992), and Carvalho et al. (1993) found a shortened emergence period for the two species, from November to May. This difference can be attributed to the annual average temperature, the attacked-log collection date, as well as log diameter and storage conditions.

Average body size of short-cycle *S. noctilio* adults was 10.71 centimeters for males and 13.84 centimeters for females. The sex ratio was 1:5.5. In this same cycle, *I. leucospoides* were an

average of 9.35 centimeters (males) and 10.36 centimeters (females) in body length. The sex ratio was 1:8.5. In this period, the rate of parasitism was 4.85%.

Long-cycle *S. noctilio* adults were 22.53 centimeters in length (males) and 26.35 centimeters (females). As for *I. leucospoides*, males measured 10.15 centimeters and females 12.05 centimeters. The rate of parasitism in this cycle was 23.45%, close to the rates found by Carvalho (1992) and Penteadó (1995).

Less than 10 percent of the individuals obtained in the two cycles emerged in the first cycle; as these were of very small size, this cycle is not recommended for parasitoid mass production. For the same reasons, the production of short-cycle parasitoids for direct field release is not recommended (see Tables 1 and 2, below, and 3, next page).

Collection Dates	Emergence Periods	<i>Sirex noctilio</i>			<i>Ibalia leucospoides</i>		
		male	female	ratio of sexes	male	female	ratio of sexes
March 1995	April - July 1995	349	63	1:5.5	12	8	1:1.5
March 1995	Oct. 1995 - Feb. 1996	4,384	516	1:8.5	757	392	1:1.9

Table 1. Number of adults and ratio of females to males of *Sirex noctilio* and *Ibalia leucospoides*, from logs of *Pinus taeda* collected in March 1995. São José do Cerrito SC. 1996.

Sample Collection Dates	Emergence Periods	Percentage of Parasitism
March 1995	April to June 1995	4.85
March 1995	Oct. 1995 - Feb. 1996	23.45

Table 2. Percentage of parasitism of *Sirex noctilio* by *Ibalia leucospoides*, from logs of *Pinus taeda*, collected in March 1995. São José do Cerrito SC. 1996.

Sample Collection Dates	Emergence Periods	<i>Sirex noctilio</i>				<i>Ibalia leucospoides</i>			
		male		female		male		female	
		Length (cm)	D.P.	Length (cm)	D.P.	Length (cm)	D.P.	Length (cm)	D.P.
March 1995	April-July 1995	10.95	1.71	13.83	1.72	9.35	0.94	10.36	1.14
March 1995	Oct. 1995-Feb. 1996	23.60	4.43	26.35	5.11	10.15	1.08	12.05	1.38

Table 3: Average *Sirex noctilio* and *Ibalia leucospoides* adult body length, from *Pinus taeda* logs, collected in March 1995 at São José do Cerrito SC. 1996.

Temperature and storage period influence on *Ibalia leucospoides* longevity

As the temperature of 8°C maintained 10% survival of *I. leucospoides*, for up to 35 days, it was considered the mostly indicated for storage. It added an average of 15.3 days to life expectancy compared to non-controlled conditions of temperature and humidity.

Comparing the influence of temperatures (12° C, 25° C, and room temperature), it was verified that at 12° C, average longevity was 80.2 days, significantly superior to the other temperatures. On the other hand, The type of diet did not influence *I. leucospoides* longevity, which is in agreement with Taylor (1976) but not with data found by Carvalho et al. (1992), who found an increase of 10.1 days in longevity of females when fed with a honey solution at 20%.

References

- Carvalho, A. G. 1992. Bioecologia de *Sirex noctilio* Fabricius, 1793 (Hymenoptera: Siricidae) em povoamentos de *Pinus taeda* L. Curitiba: Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 127 p.
- Carvalho, A, G. 1993. Aspectos biológicos de *Ibalia leucospoides* (Hochenwarth), Hymenoptera: Ibalidae). In: Conferência regional da vespa-da-madeira, *Sirex noctilio*, na América do Sul. (Florianópolis: 1992). Anais. Colombo: EMBRAPA/FAO/USA/FUNCEMA. 11-120.
- Chrystal, R. N. 1928. Studies of *Sirex* parasites. The Empire Forestry Journal. 2 (7): 145-154.
- EMBRAPA-CNPq. Metodologia para criação massal de *Ibalia leucospoides*. Folder. Colombo, PR: EMBRAPA-CNPq.
- Hanson, H. S. 1939. Ecological notes on the *Sirex* woodwasps and their parasites. Bulletin of Entomological Research. 30 (1): 27-65
- Iede, E. T.; Penteado, S. R. C.; Bisol, J. C. 1988. Ocorrência de ataque de siricídeos (Hymenoptera: Siricidae) em *Pinus taeda* L. no estado do Rio Grande do Sul. In: Congresso Florestal do Paraná, 2. Anais. Curitiba: Instituto Florestal do Paraná 2 p.
- Klasmer, P. 1996. Estudios sobre *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibalidae) para el control biológico de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) en la reigión Andino-Patagonica, Argentina. V Simpósio de Controle Biológico. Resumos. 353 p.
- Madden, J. L. 1968. Behavioral responses of parasites to the symbiotic fungus associated with *Sirex noctilio* F. Nature (London). 218 (13): 189-190.
- Pedrosa-Macedo, J. H.; Siqueira, J. D. P.; Marques, E. N. 1988. Vespa-da-madeira em *Pinus taeda*. In: Congresso Florestal do Paraná, 2. Encontro paranaense de engenheiros florestais. 3. Anais dos resumos. Curitiba: Instituto Florestal do Paraná. 14 p.
- Penteado, S. R. C. 1996. Métodos de amostragem para avaliação populacional de *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae) e de seus inimigos naturais, em *Pinus taeda* L. e aspectos do controle biológico. Curitiba: Tese (Mestrado em Ciências Biológicas)-

Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. 131 p.

Rebuffo, S. 1988. La avispa de la madera *Sirex noctilio* F. en el Uruguay. [Serie Protection Forestal I(1)] Montevideo: Ministério e Ganaderia, Agricultura y Pesca, Dirección Forestal. 14 p.

Spradbury, J. P. 1974. The responses of *Ibalia* species (Hymenoptera, Ibalidae) to the fungal symbiont of Siricidae woodwasp host. *Journal of Entomology*. 48 (2): 217-22.

Taylor, K. L. 1976. The introduction and establishment of insect parasitoids to control *Sirex noctilio* in Australia. *Entomophaga*, Paris. 21 (4): 429-440.

Taylor, K. L. 1981. The *Sirex* woodwasp: ecology and control of an introduced forest insect. In: Kitching, R. L.; Jones, R. E., eds. The ecology of pests: some Australian case histories. Melbourne: CSIRO.

Taylor, K. L. 1967. The Introduction, culture, liberation and recovery of parasites of *Sirex noctilio* in Tasmania. Technical Paper Nº 8. Australia: CSIRO, Division of Entomology.

Weld, L. H. 1952. Cynipoidea (Hym.): 1905-1950. Michigan: Privately Printed 150 p.

Forest management for the prevention and control of *Sirex noctilio* in *Pinus taeda*

Edilson Batista de Oliveira; Susete do Rocio Chiarello Penteado; Edson Tadeu Iede

Abstract

Prevention and control of *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae) in Brazil is being accomplished by means of integrated management that involves monitoring for early detection by using trap trees, employing silvicultural practices, and rearing and releasing natural enemies, such as the nematode *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola* (Bedding). A commonly used method in plantations with an attack level greater than 50% is the immediate clearcut. Thinning, with the removal of attacked trees, could leave the stand understocked, making its continuation to more advanced ages uneconomic. In this paper, the effects of different attack percentages of *S. noctilio* on loblolly pine (*Pinus taeda* L.) growth and production are evaluated in technical and economical terms. The data used were obtained by the simulation of growth and production of forests aged from 12 to 16 years and with attack rates ranging from 0 to 70%. The study compared, for each level of attack, the economic advantages of the immediate clearcut with those of the extension of forest rotation age for up to 20 to 30 years. For the extension of the rotation age, the application of established integrated control was considered. The study indicated that if attacked forests are maintained to an age of more than 20 years and integrated pest management is used, higher economic advantages will be realized than if the forest is clearcut on the occasion of the attack, even if the attack rate is over 50%.

Introduction

The total reforested area in Brazil is approximately five million hectares; out of these, about two million are of *Pinus* spp. About 1.2 million hectares are in the southern region and in São Paulo state; these are made up mainly of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) and slash pine (*Pinus elliottii* Engelm). The main purpose of reforestation is to supply raw materials for the pulp, paper, particle board, resin processing, and wood panel industries.

Planting forests in a system of monoculture, combined with inadequate silvicultural practices, have resulted in extensive reforested areas that lack good phytosanitary conditions, making them susceptible to pest attacks. *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae), reported for the first time in Brazil in February 1988, quickly adapted itself to these conditions, reaching, in 1996, about 200 thousand hectares of *Pinus* spp. populations in Rio Grande do Sul, Santa Catarina, and Paraná.

Because of its preference for attacking weakened trees, silvicultural control through thinning during critical periods is the most adequate measure for preventing or minimizing damage caused by *S. noctilio*. A strategy commonly used in plantations with attack rates over 50% is the immediate clearcut, as the use of biological control methods cannot be effective in such conditions. Also, damage caused by *S. noctilio* causes the death of attacked trees, and drastic thinning could make the stand understocked, affecting final production of wood.

This paper aims to study the effects of different *S. noctilio* attack rates on the growth and production of *P. taeda* and to evaluate, in technical and economic terms, the recuperation of *P. taeda* populations by means of silvicultural practices and biological control.

Literature review

Trees most susceptible to *Sirex noctilio* attack

According to Chrystal (1928), the genus *Sirex* cannot be considered a primary pest, because other factors initially contribute to making the tree attractive to, and presenting favorable conditions for, *Sirex* development.

Madden (1975) observed that trees initially preferred by *S. noctilio* have smaller diameters and are suppressed, although attacks of dominant trees have also been reported.

Neumann et al. (1987) verified that plantations most susceptible to *S. noctilio* attack are over 12 years of age and are under stress. According to Mendes (1992), the growth curve of *P. taeda* causes its greatest development after the age of 12 years. Consequently, if a *P. taeda* stand attacked during this phase is clearcut, about 60% of the expected wood will be lost, and the wood obtained will have a high production cost.

Trees resistant to *S. noctilio* attack are those that have suffered no physical damage and that have grown in adequate conditions (Neumann et al. 1987).

Means of *Sirex noctilio* prevention and control

According to Neumann et al. (1987), *S. noctilio* attack is a problem originated mainly by the use of inadequate silvicultural practices. They recommend the following means of prevention and control:

- thin during the right periods, to reduce competition among trees and allow the removal of dominated, forked, deformed, and damaged trees

- do not thin and prune during periods immediately before the emergence of adult insects
- avoid planting of *Pinus* spp. on steep land, which makes silvicultural management difficult, in order to minimize lesions to trees during silvicultural practices

Ure (1949) quoted by Sutton (1984) developed a silvicultural regime for planting *Pinus radiata* D. Don in New Zealand, recommending frequent low-intensity thinning to maintain the strength of plants and reduce competition. The principles of this thinning regime formed the basis of silvicultural practices used since then in New Zealand.

Taylor (1981), states that *S. noctilio* attack can be minimized if plantations are located on good quality sites with management adequate to maintain the strength of plants; this reduces the mortality rate in initial attack phases.

Neumann et al. (1987) verified, in a 17-year-old, non-thinned *P. radiata* stand, that trees with a diameter of less than 23 centimeters had higher mortality rates and that those with a diameter greater than 26 centimeters were less likely to be attacked. Trees with diameter greater than 35 centimeters remained healthy; forked trees were significantly more susceptible to attack.

According to Neumann et al. (1987), trees resistant to *S. noctilio* attack are those that have not suffered any physical damage and that have grown under adequate conditions.

Methodology

Attack percentages and characteristics of stands studied

Percentages of attacked trees were studied in the proportion of 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 and 70%, in two *Pinus taeda* stands, both with a site rate (determined by the projection of the dominant height at 15 years of age) of 21.0 meters. The first stand had 1,850 trees per hectare, a basal area of 52 m²/ha and was 12 years old. The second had 1,700 trees/ha, basal

area of 60 m²/ha, and was 16 years old. Monitoring and biological control with nematode operations (in the proportion of 20% of the attacked trees in the stand) were considered.

Wood growth, production, and classification data

P. taeda growth and production data, as well as wood classification for multiple uses, were obtained by simulation, using Sispinus Version 2.1. This software generates, from information and measurements from a young-aged *P. taeda* stand, tables with growth and production prognosis at any age and production prognosis tables by diameter classes, from harvested and thinned trees, for multiple industrial uses (Oliveira 1995).

Adopted management regimes

For the first stand, the planned management regime consisted of two thinnings, the first at 12 years (systematic thinning with the removal of one line of trees in every four, followed by the selective removal of attacked trees and of those with smaller diameters, until the proportion of 925 trees/ha was reached); and the second at 16 years (selective removal of attacked trees and of trees with smaller diameters, leaving 450 trees/ha).

For the second stand a thinning was done at 16 years (systematic thinning with the removal of one line of trees in every three, followed by the selective removal of attacked trees and of those with smaller diameters, until the proportion of 900 trees/ha was reached), and the second at 19 years (removal of attacked trees and of those with smaller diameters, leaving 450 trees/ha).

In both cases, thinning could exceed the planned intensity by the removal of attacked trees.

The ages studied for the final harvest were from 20 to 30 years, with two-year intervals.

It was stipulated that two-thirds of the attacked trees belonged to the smaller diameter classes and that the others were randomly distributed among the rest of the stand. In this

manner, after the application of systematic thinning of whole lines of trees, the thinning of the remaining trees, the application of nematodes in 20% of attacked trees, and the removal of the remaining trees was also considered according to the proportion of two-thirds to one-third.

Log dimensions for different industrial uses and prices, referring to the Curitiba-PR market as of August 1996, are specified in Table 1.

Table 1. Log dimension and price per M³ according to industrial use of wood

Use	Small diameter (cm)	Length (m)	Price US\$/m ³
Veneer	25.0	2.4	24.56
Saw wood	15.0	2.4	16.87
Pulp wood	8.0	1.2	10.64
Fire wood	--	--	6.00

Production costs are presented in Table 2.

Table 2. Production cost of *Pinus* spp. in Curitiba-PR (as of August 1995)

A. Forest establishment	US\$ 600/ha
B. Harvesting	
1. Felling	US\$ 0,98/m ³
2. Debranching	US\$ 0,18/m ³
3. Hauling	US\$ 1,00/m ³
4. Bucking	US\$ 0,16/m ³
5. Loading	US\$ 0,71/m ³
6. Transport	US\$ 2,30/m ³
7. Unloading	US\$ 0,67/m ³
C. Administrative costs	US\$ 20/ha/ano
D. Forest maintenance	
1st year	US\$ 150/ha
4th year	US\$ 50/ha
9th year	US\$ 40/ha
E. Monitoring and control of <i>S. noctilio</i>	US\$ 30/ha.5 anos

Evaluation of economic profit

Planin software (Oliveira 1997) was used for evaluation of economic profits. This program has as its base the Annual Equivalent Value (AEV) method, in which the Present Liquid Value of financial profit at a minimal appeal rate is transformed into an equivalent uniform annual series.

Results and discussion

Systematic thinning of whole lines with selective thinning of the remaining trees is constant among *Pinus* producers, mainly to facilitate the cutting and removal of trees. This practice was maintained in all the simulations studied; however, if the producer chooses to use selective thinning only, removing attacked and smaller-diameter trees, he can obtain higher wood production rates, especially in

stands with attack percentages such that expected thinning will not remove all attacked trees.

The results obtained in the two studied stands are shown next.

12-year-old attacked stand

For *S. noctilio* occurrence percentages of up to 30%, systematic thinning, followed by selective thinning, was enough to remove all attacked trees at the age of 12. However, from the rate 40% onwards, the removal of all attacked trees made the remaining number of trees per hectare less than the expected rate of 925.

Production prognosis for final harvest ages from 20 to 30 years, according to different attack rates, are presented in Table 3.

Table 3. Growth and wood production values m³/ha of *Pinus taeda* for example # 1, without *Sirex noctilio* attacks.

Age (years)	Dominant height (m)	N/Ha	Average diameter (cm)	Average height (m)	Basal area (m ²)	Total volume (m ³)	IMA (m ³)	ICA (m ³)
12	17.7	1,850	19.0	15.2	52.4	372.0	31.0	31.0
Thinning by the removal of one line in every 4, followed by thinning by the removal of 463 trees								
		925	21.0	15.9	32.0	233.4	Removed=	138.6
14	20.0	918	22.8	17.8	37.7	313.8	32.0	38.2
16	22.1	907	24.6	19.6	43.0	395.0	33.1	40.6
Thinning by the removal of 457 trees								
		450	27.4	20.6	26.5	254.1	Removed=	140.9
18	23.7	449	28.9	22.4	29.4	308.0	32.6	26.9
20	25.6	447	30.7	24.1	33.2	375.7	32.8	33.8
22	27.4	444	32.4	25.6	36.5	440.4	32.7	32.1
24	29.1	441	33.8	27.2	39.5	505.1	32.7	32.3
26	30.6	436	35.1	28.6	42.1	567.7	32.6	31.3
28	32.2	431	36.2	30.0	44.4	626.9	32.4	29.6
30	33.6	425	37.3	31.3	46.4	685.5	31.2	29.3

Economical analysis of these productions is presented in Table 4, indicating that rotation at 24 years of age presents the highest economic benefit for any rate of *S. noctilio* occurrence.

Table 4. Wood production (m³/ha) of *Pinus taeda* for example # 1, by industrial use classes, for *Sirex noctilio*, attack rates from 0 to 70 %.

No attack	Total m ³	Veneer m ³	Sawlogs m ³	Pulp m ³	Energy m ³
Final harvest at 12 years	372.0	12.1	210.5	125.0	24.4
1st Thinning (12 years)	138.6	3.3	64.4	57.3	13.5
2nd Thinning (16 years)	140.9	10.0	87.5	37.4	6.0
Final harvest at 20 years	375.7	202.6	136.9	30.6	5.5
Final harvest at 22 years	440.4	265.2	142.6	27.3	5.3
Final harvest at 24 years	505.1	328.4	139.3	31.8	5.6
Final harvest at 26 years	567.7	398.7	142.6	26.0	4.8
Final harvest at 28 years	626.9	453.5	135.5	28.7	4.8
Final harvest at 30 years	685.5	519.3	132.7	20.6	4.9

Attack in 10 % of trees	Total m ³	Veneer m ³	Sawlogs m ³	Pulp m ³	Energy m ³
1st Thinning (12 years)	138.6	3.3	64.4	38.7	32.1
2nd Thinning (16 years)	140.9	10.0	87.5	37.4	6.0
Final harvest at 20 years	375.7	202.6	136.9	30.6	5.5
Final harvest at 22 years	440.4	265.2	142.6	27.3	5.3
Final harvest at 24 years	505.1	328.4	139.3	31.8	5.6
Final harvest at 26 years	567.7	398.7	142.6	26.0	4.8
Final harvest at 28 years	626.9	453.5	135.5	28.7	4.8
Final harvest at 30 years	685.5	519.3	132.7	20.6	4.9

Attack in 20 % of trees	Total m ³	Veneer m ³	Sawlogs m ³	Pulp m ³	Energy m ³
1st Thinning (12 years)	150.2	3.7	73.0	36.7	36.8
2nd Thinning (16 years)	131.9	8.1	76.3	42.3	5.2
Final harvest at 20 years	366.6	194.0	136.7	31.1	4.7
Final harvest at 22 years	430.4	255.2	139.9	30.6	4.8
Final harvest at 24 years	494.7	318.2	139.4	32.0	5.1
Final harvest at 26 years	556.0	386.7	136.2	28.6	4.6
Final harvest at 28 years	615.2	441.9	137.9	30.4	5.0
Final harvest at 30 years	671.6	505.5	130.6	30.6	4.9

Attack in 30 % of trees	Total m ³	Veneer m ³	Sawlogs m ³	Pulp m ³	Energy m ³
1st Thinning (12 years)	189.6	2.6	42.9	25.3	118.8
2nd Thinning (16 years)	95.2	3.3	48.2	37.1	6.7
Final harvest at 20 years	353.0	183.7	135.3	28.9	5.1
Final harvest at 22 years	416.1	243.5	138.5	28.6	5.6
Final harvest at 24 years	477.8	305.8	137.3	28.9	5.8
Final harvest at 26 years	538.7	372.4	132.2	28.8	5.3
Final harvest at 28 years	598.4	424.1	139.9	29.3	5.1
Final harvest at 30 years	654.5	491.8	130.6	27.0	5.2

Continuation of Table 4:

Attack in 40 % of trees	Total m ³	Veneer m ³	Sawlogs m ³	Pulp m ³	Energy m ³
1st Thinning (12 years)	208.4	1.9	31.6	18.8	156.1
2nd Thinning (16 years)	73.1	2.4	34.6	30.7	5.4
Final harvest at 20 years	349.6	181.6	134.6	27.6	5.9
Final harvest at 22 years	411.4	238.7	138.6	28.7	5.5
Final harvest at 24 years	472.0	300.0	137.3	29.5	5.1
Final harvest at 26 years	532.5	357.1	140.6	29.5	5.3
Final harvest at 28 years	591.3	422.5	135.4	28.4	5.1
Final harvest at 30 years	647.8	481.8	131.4	29.2	5.3

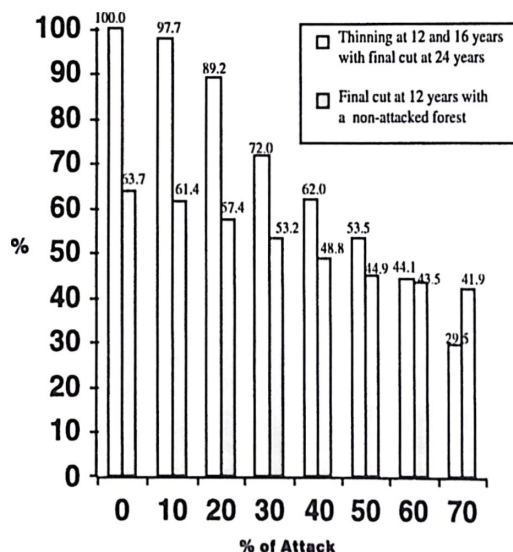
Attack in 50 % of trees	Total m ³	Veneer m ³	Sawlogs m ³	Pulp m ³	Energy m ³
1st Thinning (12 years)	227.6	1.3	21.5	12.7	192.1
2nd Thinning (16 years)	51.4	1.5	23.2	22.7	3.9
Final harvest at 20 years	345.6	179.0	129.8	30.5	5.4
Final harvest at 22 years	406.3	235.8	136.0	28.9	5.6
Final harvest at 24 years	466.9	296.9	136.9	28.3	5.3
Final harvest at 26 years	527.3	353.9	139.8	28.3	5.4
Final harvest at 28 years	585.0	418.5	132.7	28.4	5.4
Final harvest at 30 years	641.3	477.8	130.3	27.6	5.7

Attack in 60 % of trees	Total m ³	Veneer m ³	Sawlogs m ³	Pulp m ³	Energy m ³
1st Thinning (12 years)	265.3	1.3	21.4	12.7	166.1
2nd Thinning (16 years)	13.7	0.2	4.1	8.0	1.4
Final harvest at 20 years	331.6	168.3	127.1	30.6	5.5
Final harvest at 22 years	391.9	223.7	131.8	30.8	5.6
Final harvest at 24 years	451.9	290.6	126.3	29.8	5.3
Final harvest at 26 years	510.2	340.2	134.1	30.5	5.4
Final harvest at 28 years	568.1	405.4	128.1	28.9	5.7
Final harvest at 30 years	623.6	457.6	132.3	28.1	5.7

Attack in 70 % of trees	Total m ³	Veneer m ³	Sawlogs m ³	Pulp m ³	Energy m ³
1st Thinning (12 years)	293.5	1.0	16.0	2.8	273.7
2nd Thinning (16 years)	0	0	0	0	0
Final harvest at 20 years	290.4	145.0	112.6	28.0	4.8
Final harvest at 22 years	346.1	199.5	113.5	28.1	4.9
Final harvest at 24 years	402.9	258.2	114.2	25.2	5.3
Final harvest at 26 years	457.4	314.2	110.6	27.7	4.8
Final harvest at 28 years	511.6	367.6	112.2	27.0	4.8
Final harvest at 30 years	566.6	422.2	112.2	27.0	5.1

In Figure 1, profit percentages of 12-year-old attacked stands are presented, related to the best profit management regime (no attack, 2 thinnings, final harvest at 24 years), in a 24-year-planning horizon.

Figure 1. Profit percentages in 12-year old stands attacked by *Sirex noctilio*, in relation to the management regime of best profit (no attack, 2 thinnings, final harvest at 24 years), in a planning horizon of 24 years.



As can be observed, for different levels of *S. noctilio* attacks, the final harvest of the stand followed by the plantation of a new forest is recommended only for attack rates of more than 60%, where the decrease of profit becomes equivalent.

16-year-old attacked stand

Rotation at 24 years, for any *S. noctilio* attack rate, was the most profitable amongst the 20-to-30-year rotation, as previous studies done by simulation for the prior example (attack at 12 years). Production prognosis for the stand with attack at 16 years, considering the immediate final harvest at age 24, are presented in Tables 5 and 6.

Table 5. *Pinus taeda* wood production (m³/ha) by industrial use class for example #2, with *Sirex noctilio* attack rates ranging from 0 to 70 %, with final harvest at 24 years.

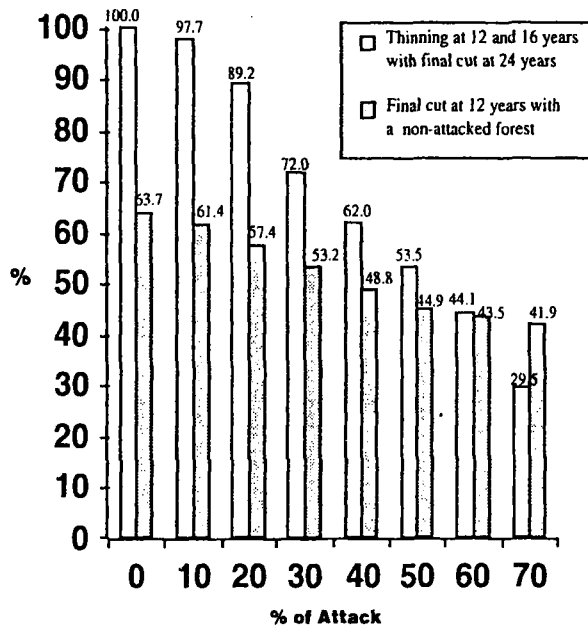
<i>S. noctilio</i> attack rate (%)	Age (years)	Total m ³	Veneer m ³	Sawmill m ³	Cellulose m ³	Energy m ³
0	16	203.0	25.4	102.2	64.4	11.0
	19	129.4	7.5	75.6	40.8	5.5
	24	426.7	237.7	156.2	27.4	5.4
10	16	203.0	22.8	93.7	49.8	36.7
	19	129.4	7.5	75.6	40.8	5.5
	24	426.7	237.7	156.2	27.4	5.4
20	16	203.0	20.3	47.4	35.2	100.1
	19	129.4	7.5	75.6	40.8	5.5
	24	426.7	237.7	156.2	27.4	5.4
30	16	204.4	17.7	39.4	21.5	125.8
	19	129.4	7.5	75.6	40.8	5.5
	24	426.7	237.7	156.2	27.4	5.4
40	16	228.3	15.6	39.4	20.3	153.0
	19	102.3	7.9	60.7	30.0	3.7
	24	437.4	249.7	155.0	27.3	5.4
50	16	293.0	25.2	71.1	16.9	179.8
	19	53.5	2.5	29.6	18.8	2.6
	24	422.4	238.1	145.4	33.1	5.8
60	16	321.0	23.3	74.9	15.6	207.2
	19	16.8	0.5	10.1	5.6	0.6
	24	429.3	245.1	146.4	32.2	5.6

Table 6. *Pinus taeda* wood production values (m³/ha) by industrial usage class, for example # 2, considering final harvest at 16 years.

<i>S. noctilio</i> attack rate %	Total	Veneer m ³	Sawlogs m ³	Pulp m ³	Energy m ³
0	537.8	77.1	292.1	145.8	22.8
10	537.8	74.5	283.6	131.2	48.4
20	537.8	72.0	237.3	116.6	111.9
30	537.8	69.4	228.9	102.1	137.5
40	537.8	66.8	220.4	87.5	163.1
50	537.8	64.3	211.9	72.9	188.7
60	537.8	61.7	203.4	58.3	214.4
70	537.8	59.1	195.0	43.7	240.0

In Figure 1, profit percentages of 12-year-old attacked stands are presented, related to the best profit management regime (no attack, 2 thinnings, final harvest at 24 years), in a 24-year-planning horizon.

Figure 1. Profit percentages in 12-year old stands attacked by *Sirex notitilio*, in relation to the management regime of best profit (no attack, 2 thinnings, final harvest at 24 years), in a planning horizon of 24 years.



As can be observed, for different levels of *S. noctilio* attacks, the final harvest of the stand followed by the plantation of a new forest is recommended only for attack rates of more than 60%, where the decrease of profit becomes equivalent.

16-year-old attacked stand

Rotation at 24 years, for any *S. noctilio* attack rate, was the most profitable amongst the 20-to-30-year rotation, as previous studies done by simulation for the prior example (attack at 12 years). Production prognosis for the stand with attack at 16 years, considering the immediate final harvest at age 24, are presented in Tables 5 and 6.

Table 5. *Pinus taeda* wood production (m^3/ha) by industrial use class for example #2, with *Sirex noctilio* attack rates ranging from 0 to 70 %, with final harvest at 24 years.

<i>S. noctilio</i> attack rate (%)	Age (years)	Total m^3	Veneer m^3	Sawmill m^3	Cellulose m^3	Energy m^3
0	16	203.0	25.4	102.2	64.4	11.0
	19	129.4	7.5	75.6	40.8	5.5
	24	426.7	237.7	156.2	27.4	5.4
10	16	203.0	22.8	93.7	49.8	36.7
	19	129.4	7.5	75.6	40.8	5.5
	24	426.7	237.7	156.2	27.4	5.4
20	16	203.0	20.3	47.4	35.2	100.1
	19	129.4	7.5	75.6	40.8	5.5
	24	426.7	237.7	156.2	27.4	5.4
30	16	204.4	17.7	39.4	21.5	125.8
	19	129.4	7.5	75.6	40.8	5.5
	24	426.7	237.7	156.2	27.4	5.4
40	16	228.3	15.6	39.4	20.3	153.0
	19	102.3	7.9	60.7	30.0	3.7
	24	437.4	249.7	155.0	27.3	5.4
50	16	293.0	25.2	71.1	16.9	179.8
	19	53.5	2.5	29.6	18.8	2.6
	24	422.4	238.1	145.4	33.1	5.8
60	16	321.0	23.3	74.9	15.6	207.2
	19	16.8	0.5	10.1	5.6	0.6
	24	429.3	245.1	146.4	32.2	5.6

Table 6. *Pinus taeda* wood production values (m^3/ha) by industrial usage class, for example # 2, considering final harvest at 16 years.

<i>S. noctilio</i> attack rate %	Total	Veneer m^3	Sawlogs m^3	Pulp m^3	Energy m^3
0	537.8	77.1	292.1	145.8	22.8
10	537.8	74.5	283.6	131.2	48.4
20	537.8	72.0	237.3	116.6	111.9
30	537.8	69.4	228.9	102.1	137.5
40	537.8	66.8	220.4	87.5	163.1
50	537.8	64.3	211.9	72.9	188.7
60	537.8	61.7	203.4	58.3	214.4
70	537.8	59.1	195.0	43.7	240.0

The Equivalent Annual Values (EAVs) for stands with attack rates from 0 to 70%, submitted to thinning at 16 and 19 years, removal of attacked trees, treatment with nematodes, and final harvest at 24 years, and with final harvest at 16 years (assuming also, in this last case, eight more years of forest profit with no attacks) are shown in Tables 7 and 8.

Table 7. Equivalent annual values for example # 1, considering final harvest from 20 to 30 years.

<i>S. noctilio</i> attack (%)	Final harvest age							Final harvest - 12 years plus replanting*
	12	20	22	24	26	28	30	
0	68.2	144.9	149.5	149.5	149.5	141.9	136.6	95.2
10	63.1	141.1	146.0	146.0	146.0	138.7	133.5	91.8
20	54.2	127.0	132.0	133.0	132.8	127.7	122.4	85.8
30	44.8	98.5	105.0	106.7	107.6	103.8	100.2	79.6
40	35.0	83.2	89.9	92.7	92.3	90.8	86.5	73.0
50	26.1	68.3	75.9	80.0	80.0	78.5	75.0	67.1
60	23.0	51.8	60.0	66.0	65.7	65.4	61.8	65.0
70	19.5	27.7	37.5	44.1	46.2	45.9	44.3	62.7

*After the stand cutting, made at age 12, replanting took place, in which there will be no *S. noctilio* attack, being cut at age 24, allowing best economic profit.

Table 8. Equivalent annual values for example # 2, considering final harvest at ages 16 and 24.

<i>S. noctilio</i> attack (%)	Final harvest age		Final harvest-16 years Plus replanting*
	16	30	
0	106.5	128.2	110.7
10	98.4	121.7	102.4
20	74.3	103.3	84.8
30	66.3	96.1	78.4
40	58.2	93.4	71.8
50	50.1	90.6	65.3
60	42.0	85.2	58.8
70	33.9	76.3	52.3

*After the stand cutting, made at age 16, replanting took place, in which there will be no *S. noctilio* attack, being cut at age 24, allowing best economic profit.

Profit percentages in each situation, related to the best profit management regime (no attack, 2 thinnings, final harvest at 24 years) in a 24-year planning horizon are presented in Figure 2 (right).

In terms of profit, for all attack rates, forests managed and cut at 24 years equal or surpass forests cut at 16 years. Taking as an example the attack rate of 50%, the immediate cut of the stand would cause loss of about 49.1% of the economic profit; continuing the stand with adequate management would reduce this loss to 29.3%.

Final considerations

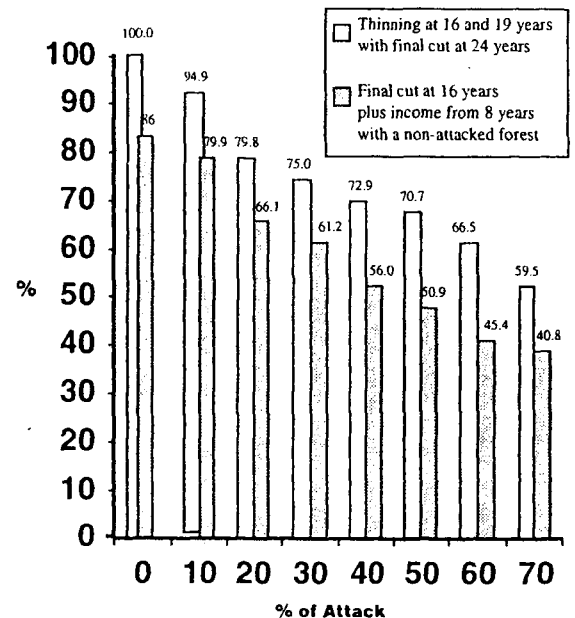
The Sispinus and Planin software made possible the quantification of production and economic profit rates of forests with different *S. noctilio* attack rates, submitted to different management regimes. Nevertheless, some additional considerations should be noted:

- the system does not allow for differences associated with geographical distribution of attacked trees
- there is the possibility of "acamamento" of remaining trees, after specially intense thinning
- there might be problems with roads and other difficulties associated with exploration and thinning
- aspects such as commitments made to the consumer market or the supplying of raw material to factories may dictate the cutting of stands that are not of ideal age

Thus, the decision to clearcut or to thin and manage cannot always be based on economic criteria alone. In all situations, good sense should prevail in the final decision.

An analysis of profit sensibility should be done, changing the various cost centers and prices, looking for a strategic vision that would make losses due to *S. noctilio* the lowest possible.

Figure 2. Profit percentage rates of 16 year old stands attacked by *Sirex noctilio*, in relation to the highest profit management regime (no attack, 2 thinnings, final harvest at 24 years), in a planning horizon of 24 years.



References

- Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, EMBRAPA. 1992. Inoculação de nematóides. Colombo, PR: EMBRAPA, CNPF. Folder.
- Chrystal, R. N. 1928. Studies of *Sirex* parasites. The Empire Forestry Journal. 2 (7): 145-154.
- Madden, J. L. 1975. An analysis of an outbreak of the woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae), in *Pinus radiata*. Bulletin of Entomological Research. 65: 491-500
- Neumann, F.G.; Morey, J. L.; McKimm, R. J. 1987. The *Sirex* wasp in Victoria. Bulletin 29. Victoria: Department of Conservation. Forest and Lands. 41 p.
- Oliveira, E. B. 1995. Um sistema computadorizado de prognose de crescimento e produção de *Pinus taeda* L. com critérios quantitativos para a avaliação técnica e econômica de regimes de manejo.

Curitiba: Universidade Federal do Paraná.
Tese Doutorado. 134 p.

Sutton, W. R. J. 1984. New Zealand experience
with *radiata* pine. Vancouver: The H. R. Mac-
Millan Lectureship in Forestry. N°. 23. 24 p.

Taylor, K. L. 1981. The *Sirex* woodwasp:
Ecology and control of an introduced forest
insect. In: Kitching, R. L.; Jones, R. E., eds.
The ecology of pests: some Australian case
histories. Melbourne: CSIRO. 231-248.

Organization of information on *Sirex noctilio*: a simple, practical, and inexpensive solution

Erich Schaitza

Advances in communications and computer science are making the retrieval of bibliographic information simpler. Data bases are being distributed in CD-ROM format or are readily accessible on the Internet. Document delivery systems and virtual libraries provide access to papers almost in real time.

Nevertheless, papers published by Latin American researchers do not flow to these data bases and information systems; sometimes they are not even registered in the data bases of their own institutes. Therefore, these papers are neither read nor quoted by other researchers.

A number of factors contribute to this situation. With few exceptions, the circulation of local journals is very restricted; their editors do not send copies to the Agricultural Research Information System (AGRIS) institutes or the Commonwealth Agricultural Bureau International (CABI). Some AGRIS institutes are not very active in the forestry area. There are many non-indexed publications. Libraries tend to be passive, waiting for people to borrow books. Articles published in Portuguese or Spanish are not read by English-speaking scientists. Latin American information systems are poorly equipped to keep the pace with their European and North American counterparts.

An example of this situation is research on *Sirex noctilio*, a pest attacking *Pinus* spp. The Entomology Laboratory of EMBRAPA-Forestry alone has published 42 papers on the subject over the last five years, including theses, papers, and technical notes. But a search of AGRIS yielded no entries on *Sirex* when all countries in South America were searched. Only 15 entries on *Sirex* were found in CABI's TREECD.

There is clearly, for *Sirex* researchers, a need to organize information systems that will be able to disseminate both bibliographic references

and full papers effectively throughout Latin America.

This can be done either by strengthening libraries and institutional information systems or by creating small networks geared towards the organization and dissemination of information on a focal subject. A *Sirex* network could concentrate on all institutes and researchers working with any aspect of *Sirex*.

A suggestion for a cooperative project aiming at the creation of a *Sirex noctilio* information center in Latin America

Currently, Internet technology facilitates both cooperative work between groups whose members work far apart, and the linking and harmonization of independent work. Electronic mail allows for the exchange of messages and files. Web pages can handle thousands of pages of information and link distributed data bases which do not need to be on the same platform, have comparable structure, or exchange data. Image technology facilitates the transfer of technical papers to ready-to-distribute electronic media.

With these tools, the organization of a network of experts on *Sirex* should be reasonably easy, and should bring few additional costs to the institutes involved. The hard work will be bringing experts together and convincing them that they will benefit from sharing information.

A *Sirex* information network can start with a simple web page which will serve as a link between various research institutes and scientists. If a given institute does not have an Internet server, it can use other servers to store its information at very little cost. Each institute

would be responsible for offering information about its research results on *Sirex*, for keeping its data bases updated, and for maintaining lists of publications which can be retrieved or borrowed from its library.

A Web page with a form for requesting papers and information about *Sirex* and also a short questionnaire about who and why the information is requested would have a twofold purpose:

- It would allow access to institutional information
- It would keep institutes aware of who their clients are and what they need

If papers requested are not in electronic format, or when restrictions due to authoring rights apply, information could be sent by mail. All documents of an institute could be scanned and either sent by e-mail or left in an area for file transfer. These documents can be offered in several different formats, such as word processor (.DOC), Adobe portable document (.PDF), text or HTML files.

This is an easy-to-develop project, but a moderator will be required, and an institute must lead and coordinate the process. Otherwise, all institutes will continue to keep their work to themselves and no links will be developed.

Another point which should be discussed by scientists working with *Sirex* in different countries is the possibility of standardizing a minimum set of data in each research area. With that, institutes would be able to add and exchange data and develop models for pest behavior, dispersion, reaction to pest management measures, and the like, based on regional data bases.

Latin American and Caribbean Information Systems Network and IUFRO SPDC

The International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) is a nongovernmental organization created over 100 years ago whose members are research institutes, universities, private companies, and individuals all over the world.

Members pay an annual fee, and most of the work is volunteer. There are working groups which discuss forest research in many different areas. Probably, a large part of all forest researchers have already participated in some kind of event promoted by IUFRO or have published documents with IUFRO's support.

One of these working groups is the Working Unit 6.03.04 (Latin American and Caribbean Information Systems Network - RIFALC) which aims at promoting the organization and dissemination of information on forestry information in the region. The RIFALC is coordinated by Maria Teresa Motta Tello of CONIF, Colômbia, and, as it has been discussing ways to disseminate information in the region, it certainly can support projects like the one mentioned above, either by looking for funds or by simply facilitating IUFRO information services.

RIFALC's WWW page (<http://iufro.boku.ac.at/iufro/iufro.net/d6/hp6034.htm>) can be found through the IUFRO home page. Lists of events and activities in the region, bibliography and links to other pages of IUFRO and information services all over the world are also found there.

The IUFRO home page (<http://iufro.boku.ac.at>) describes IUFRO's objectives and is a gateway to a broad scope of information on forestry, including links to virtual libraries, full texts of proceedings, and a directory of research institutes. Besides, it has a very powerful search tool which allows for searches by keywords in all its pages (IUFRO Search).

In 1997, the IUFRO page was accessed daily by almost 2,000 people just in its Austrian server. As it has five other mirrors (Costa Rica, South Africa, Minnesota, Chile, and Finland), many more people have browsed through its pages.

Another possibility of support offered by IUFRO is the Special Program for Developing Countries (SPDC). SPDC sponsors the organization of events, technical trips, international training and planning of regional projects. SPDC has partially supported this training on Integrated Pest Management of *Sirex* and can help in the search of funds for a cooperative information network on *Sirex* in Latin America.

Sirex noctilio F. : present status in Uruguay

Juan Francisco Porcile Maderni

In Uruguay pine covers about 16% of man-made forests, representing approximately 50,000 hectares.

The older and largest stands are located in the southern part of the country, on sandy soils on the coast of the Atlantic ocean and Río de la Plata. The main planted tree in this area is maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) followed by other species like Monterey pine (*P. radiata* D. Don), Aleppó pine (*P. halepensis* Mill.), loblolly pine (*P. taeda* L.), and slash pine (*P. elliottii* Engelm.).

From the early 1970s until the present, a significant area was also planted in the northern part of the country: Rivera, Paysandú, Río Negro, and recently, Durazno. During the period from 1984 to 1993, more than 11,000 hectares of pine were planted in northern Uruguay.

The first *Sirex noctilio* F. infestation was detected in 1980. At first, *Sirex* appeared in isolated dead trees; gradually it started to cause severe damage in pine stands in the northwest area of the country.

Some of these pine stands showed up to 70% of trees damaged. The most injured species was *Pinus taeda* L.; other more resinous species, like *P. elliottii*, appeared to be more resistant to the attack of this siricid. Average attack percentages are shown in Tables 1 and 2.

Table 1. Percentage of *Sirex*-attacked trees in different spacings for *Pinus* spp. in Uruguay

Average attack (%) in different spacings		
Species	3.0 x 3.0 m	2.5 x 2.5 m
<i>Pinus taeda</i>	40.4 %	25.7 %
<i>P. patula</i>	-	26.0 %
<i>P. pinaster</i>	25.0 %	-
<i>P. radiata</i>	38.5 %	11.0 %
<i>P. elliottii</i>	24.0 %	18.0 %
<i>P. echinata</i>	-	14.0 %
<i>P. palustris</i>	-	8.0 %
<i>P. halepensis</i>	2.5 %	-

*20-year-old stand. Evaluation done in 1985 (Porcile, pers. com.)

Table 2. Percentage of *Sirex*-attacked trees in *Pinus elliotti* stands in Uruguay

Average attack (%) in <i>Pinus elliotti</i> *		
Spacing	Trees/ha	Average attack (%)
2.0 x 2.0 m	2,500	11.0
2.0 x 2.5 m	2,000	8.3
2.5 x 2.5 m	1,600	7.5
3.0 x 3.0 m	1,111	1.8

*20-year-old stand. Evaluation done in 1985 (Porcile, pers. com.)

The infestation was linked to accidental introduction in sawtimber imported from overseas as well as in packing materials.

Later on, the pest spread all over the country, and it is now present in all pine-growing areas.

Chronology

From 1980 to 1985:

- *Sirex noctilio* was detected
- specimens of the insect were sent abroad to confirm its identification
- the parasite *Ibalia leucospoides* (Hochenwarth) was found in the Entomology laboratory of Forest Service in Toledo, Uruguay
- an F. A. O. advisory, assisting the Forest Service, outlined an initial approach to the control of the pest
- *S. noctilio* was included in the national list of plant pests

From 1986 to present:

- a private forest owner introduced the nematode *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola* (Bedding) under technical assistance provided by Faculty of Agronomy
- the Forest Service created a Department of Forest Pest and Disease Prevention; monitoring pine pests, including *Sirex*, was one of their commitments
- the Plant Protection Committee for the Southern Cone established a Working Group on Forest Protection to develop a program to organize control measures against *Sirex* in the Region

Surveys carried out in different pine-growing areas of Uruguay showed a direct relationship between the percentage of attacked trees and stand density (number of trees per hectare). Furthermore, weakness resulting from other factors, including attacks by other insects, low-

quality, poor soils, or lack of management, makes stands more vulnerable to *Sirex* attack. Proper forest management and the action of natural enemies such as the *Ibalia* parasitic wasp contributed to the maintenance of a low pest population level.

Preventive strategies aimed at detecting new outbreaks of the insect are necessary now and in the future. The last reported phytosanitary inspection, carried out in 1995 by Forest Service Management and Protection Division, showed that *Sirex* is still present in the northeast of Uruguay. In this area, the control measures are mainly based on forest management practices.

In the southern region, the population of this insect appears to have increased recently. The land-owning scheme and the nature of uneven-aged and high-density stands is contributing to the difficulty of control.

Activities for *Sirex noctilio* detection in Chile

Miguel Angel Poisson

Forest resources are very important to Chile, especially Monterey pine, (*Pinus radiata* D. Don) plantations which are the basis for the sustainable development of the Forestry Sector. This fact is demonstrated by Chile's 1994 exports of forest products, amounting to US \$1.52 billion, or 13% of all the country's exports (INFOR, 1995).

This multi-million dollar resource is under threat of potential damage by various forest pests, the most important of them *Sirex noctilio*, a class A1 quarantine pest in Chile. This insect has negatively impacted pine plantations in all countries where it has become established, with direct losses of tens of millions dollars and indirect losses (loss of market, control costs, and the like) that could be even larger.

Monterey pine plantations occupy 1,375,886 hectares of Chilean forests (INFOR, 1995) and are distributed from Region V to X, forming an almost continuous mass of forests. A large proportion of this forest area is in the age class most susceptible to attack by *S. noctilio*, as shown in Figure 1.

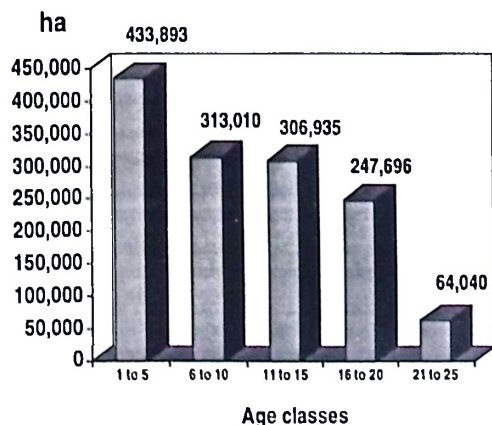


Figure 1 - Distribution of *Pinus radiata* area according to age classes in Chile (1994).

Due to the risk of *S. noctilio*, the Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) established a cooperative program six years ago with the main private forest companies of the country. This program aims to detect the presence of *S. noctilio* throughout Chile. In the 1995-1996 season, 200 groups of trap trees were installed in six regions of Chile (Regions V-X). No *S. noctilio* were detected in any of the trap tree groups cut in September and October. The 1996-1997 season began in the last week of October, 1996, and trap trees groups were installed during early November in a manner similar to that used the previous season. Groups were installed according to risk areas, which were defined by possible paths of introduction into the country.

Natural dispersion path

Because *S. noctilio* have been found in Bariloche, Argentina, Region X, which borders Argentina, was considered a region with potential for natural dispersion of *Sirex*. Trap-tree groups were installed at a frequency of one group for each 5,000 hectares of forest. In neighboring areas within a 50-kilometer distance of the Puesto border (Region IX), trap-tree groups were installed at a density of one to each 2,500 hectares of forest (due to the detection of *Ibalia leucospoides* (Hochenwarth) there in 1994).

Incidental introduction path

Ports and international centers

Ports and international centers are potential points of introduction of *S. noctilio*, because woody containers are a potential dispersion vehicle. In zones with ports and international centers, trap-tree groups were installed as shown in Table 1:

Dispersion distance in kilometers			
Risk level	0-10	10-20	20-50
High	1/500	1/1,000	1/5,000
Medium	1/1,000	1/5,000	1/10,000
Low	1/5,000	1/10,000	--

Table 1. Density of trap tree groups (N/ha) according to risk level and distance of dispersion from port or center

Groups of trap trees have a minimum of five trees; in some forest companies, groups may be as large as 10 trees. Trap trees are 10 to 20 centimeters breast height diameter; they are either intermediate or suppressed individuals and are distributed along roads. Trees on the borders of stands and forked trees are avoided.

Trap trees will be cut from August to October (the end of the 1996-1997 season), and information will be presented to Australian experts who will follow these actions throughout the year.

Areas of arrival or movement of imported goods in woody containers

In areas where imported goods packed in wooden containers arrive or move in commerce, monitoring is more difficult, because of the random characteristics of the movement of goods. This group contains all sites where the arrival of wooden containers was registered, especially those where container origin was from high-risk areas, i.e., areas where the *S. noctilio* occurs. Trap-tree groups were installed in all places registered as important arrival centers of packaging wood, such as industrial plants under construction or in operation, non-port container yards, and the like. The density of trap-tree groups for these areas are shown in Table 2:

	Dispersion distance in kilometers	
	0-15 km	15-30 km
Density of groups	1/500 ha	1/5,000 ha
Distance between groups	2.2 km	7.0 km

Table 2. Density of trap tree groups and distance of groups in areas of container arrival centers according to distance of dispersion

Current situation in Chile of insects associated with *Pinus radiata* D. Don: developing a strategy to prevent the introduction of *Sirex noctilio* F.

Angélica M. Aguilar

Introduction

Forestry is important to the Chilean economy, providing about \$2.37 million in foreign exchange and representing about 15% of the country's exports. The principal products for exportation include cellulose, wood chips, sawtimber, and logs, as well as many secondary products (Instituto Forestal [INFOR] 1996). The principal buyers are Japan, South Korea, Belgium, and the United States (Corporación Nacional Forestal [CONAF] 1996).

The forestry sector's growth began in 1974, with the promulgation of a law granting subsidies to reforestation projects. Since then, there has been a significant increase in new areas of forest plantations, which today cover about 1.8 million hectares, of which 76 percent are planted with *Pinus radiata* D. Don, 17 percent with *Eucalyptus*, and seven percent with other species (INFOR 1996).

On the world level, *P. radiata* is one of the species most utilized in forest plantations, especially in the Southern Hemisphere, where it is important to the forest industries of Chile, South Africa, New Zealand, and Australia (Ohmart 1980, Corporación Chilena de la Madera 1995, Tribe 1995). It is undeniable from an ecological point of view that the intensive cultivation of an exotic species implies an unstable system, contributing to the possibility that the resource will be susceptible to pest attacks, given the absence of natural enemies and the great number of potential hosts. Such an event would lead to significant economic losses. For this reason, the principal insects currently found in plantations of *P. radiata* in

Chile and the potential introduction of other agents are important topics of investigation. Much emphasis is placed on preventive actions that have been developed in Chile to prevent or slow down the introduction of *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae), as this insect is quarantined in Chile as it is in many other countries with which Chile has commercial ties.

Principal insects associated with *P. radiata*

In general, available literature indicates that the greatest problems with insects in *P. radiata* have occurred in the Southern Hemisphere, where this resource has been introduced extensively as an exotic species. Billings et al. (1971) state that although most of the insects associated with *P. radiata* in Chile do not constitute a serious problem, several insects, such as *Rhyacionia buoliana* (Lepidoptera: Tortricidae), which attack pine buds, and *Sirex noctilio*, a horntail that bores into the tree's bark, are important.

In 1975 the National Forestry Corporation, a state-owned company, became aware of potential risks to forestry resources, and, in association with the Austral University of Chile, created the National Plan for Plant Protection. In 1977, activities to protect forestry resources were included among the activities of the project PNUD/CONAF/FAO regarding "Forestry Development and Research". For several years, these projects confronted diverse issues of plant protection in natural forests as well as in plantations (Cameron and Peredo 1974; Dafaue 1974; Osorio et al. 1977).

In 1982, the first cooperative agreements between CONAF and forestry companies were established to study the principal problems present in *P. radiata*. Also in this decade, the bark beetles *Hylurgus ligniperda*, *Hylastes ater*, and *Orthotomicus erosus* (Coleoptera: Scolytidae) were discovered in Chile (Ciesla and Parra 1988; Ciesla 1988). These insects play a secondary role in pine plantations and are considered potentially harmful for countries such as Chile which sell wood as logs (USDA Forest Service 1993). It is likely that their original introduction occurred by means of wooden shipping containers.

The detection in 1985 of *R. buoliana* marked an important change in the health of *P. radiata*; the association of this pest with the principal Chilean forestry resource resulted in the creation at the end of the decade of the National Committee on Plant Protection, led by CONAF in conjunction with private and state companies and universities (Ramírez and De Ferrari 1991). This committee has as a principal objective the eradication of pests and other forest health problems. In an experience unique at the world level, the Chilean forestry sector chose to use biological control for *R. buoliana* through the introduction of the parasite *Orgilus obscurator* (Hymenoptera: Braconidae). In the ten years that have passed since the detection of *R. buoliana*, much research has been completed in relation to this insect, which is well distributed throughout the country and in some areas is considered a great economic liability.

Regarding insects native to Chile that have caused harm to *P. radiata*, isolated pest attacks have been observed under certain environmental conditions. Several defoliators, most important among them *Ormiscodes* spp. (Lepidoptera: Saturniidae), *Bacunculilus phyllopus* (Phasmatodea: Pseudophasmatidae), *Tanatopsycha chilensis* (Lepidoptera: Psychidae), *Antandrus viridis* (Orthoptera: Acrididae), and *Coniungoptera nothofagi* (Orthoptera: Tettigonidae) contribute to damage to *P. radiata* (Villa and Ojeda 1981; Baldini and Villa 1992; Lewis 1996).

Potentially harmful insects in Chile

The majority of the insects that are able to become established in new areas are species that are transported in wood or other products, implying the need to establish strict quarantine measures. It is most likely these are the circumstances which have surrounded the accidental introduction of pests like wood or trunk borers, which are considered the most destructive in *P. radiata*.

S. noctilio is considered to be the most significant of potentially harmful forest insects in Chile (Béeche et al. 1993). In South America, it is present in Argentina, Brazil, and Uruguay. In this context, following the National Committee of Forest Health, a subcommittee on *S. noctilio* was created in 1989 to implement a strategy for action that included a bibliographic reference collection, training, education, and early detection. Seven years have passed since the study of this potentially harmful agent began; accomplishments are summarized below.

1. **Collection of bibliographic references** at the world level, resulting in two publications on the subject (Aguilar and Lanfranco 1988 ; Lanfranco and Aguilar 1990).
2. **Training** at the national and local level dealing with aspects of detection and recognition of the harmful effects.
3. **Education** through posters and brochures by CONAF and the Agriculture and Cattle Service (SAG).
4. **Visits to other countries.** Chilean professionals employed by the state, private companies, and universities visited countries now facing the *Sirex* problem, establishing contacts with other experts in the area. In 1990, a special investigation of *S. noctilio* was carried out in Bariloche, Argentina, where an infestation was discovered at that time in saw timber which had come from Northern Argentina (Aguilar et al. 1990).

In 1982, the first cooperative agreements between CONAF and forestry companies were established to study the principal problems present in *P. radiata*. Also in this decade, the bark beetles *Hylurgus ligniperda*, *Hylastes ater*, and *Orthotomicus erosus* (Coleoptera: Scolytidae) were discovered in Chile (Ciesla and Parra 1988; Ciesla 1988). These insects play a secondary role in pine plantations and are considered potentially harmful for countries such as Chile which sell wood as logs (USDA Forest Service 1993). It is likely that their original introduction occurred by means of wooden shipping containers.

The detection in 1985 of *R. buoliana* marked an important change in the health of *P. radiata*; the association of this pest with the principal Chilean forestry resource resulted in the creation at the end of the decade of the National Committee on Plant Protection, led by CONAF in conjunction with private and state companies and universities (Ramírez and De Ferrari 1991). This committee has as a principal objective the eradication of pests and other forest health problems. In an experience unique at the world level, the Chilean forestry sector chose to use biological control for *R. buoliana* through the introduction of the parasite *Orgilus obscurator* (Hymenoptera: Braconidae). In the ten years that have passed since the detection of *R. buoliana*, much research has been completed in relation to this insect, which is well distributed throughout the country and in some areas is considered a great economic liability.

Regarding insects native to Chile that have caused harm to *P. radiata*, isolated pest attacks have been observed under certain environmental conditions. Several defoliators, most important among them *Ormiscodes* spp. (Lepidoptera: Saturniidae), *Bacuncullus phyllopus* (Phasmatodea: Pseudophasmatidae), *Tanatopsycha chilensis* (Lepidoptera: Psychidae), *Antandrus viridis* (Orthoptera: Acrididae), and *Coniungoptera nothofagi* (Orthoptera: Tettigoniidae) contribute to damage to *P. radiata* (Villa and Ojeda 1981; Baldini and Villa 1992; Lewis 1996).

Potentially harmful insects in Chile

The majority of the insects that are able to become established in new areas are species that are transported in wood or other products, implying the need to establish strict quarantine measures. It is most likely these are the circumstances which have surrounded the accidental introduction of pests like wood or trunk borers, which are considered the most destructive in *P. radiata*.

S. noctilio is considered to be the most significant of potentially harmful forest insects in Chile (Béeche et al. 1993). In South America, it is present in Argentina, Brazil, and Uruguay. In this context, following the National Committee of Forest Health, a subcommittee on *S. noctilio* was created in 1989 to implement a strategy for action that included a bibliographic reference collection, training, education, and early detection. Seven years have passed since the study of this potentially harmful agent began; accomplishments are summarized below.

1. **Collection of bibliographic references** at the world level, resulting in two publications on the subject (Aguilar and Lanfranco 1988 ; Lanfranco and Aguilar 1990).
2. **Training** at the national and local level dealing with aspects of detection and recognition of the harmful effects.
3. **Education** through posters and brochures by CONAF and the Agriculture and Cattle Service (SAG).
4. **Visits to other countries.** Chilean professionals employed by the state, private companies, and universities visited countries now facing the *Sirex* problem, establishing contacts with other experts in the area. In 1990, a special investigation of *S. noctilio* was carried out in Bariloche, Argentina, where an infestation was discovered at that time in saw timber which had come from Northern Argentina (Aguilar et al. 1990).

5. **Early detection.** In Chile, more than 600,000 hectares of plantations 11 to 25 years old are considered susceptible to *S. noctilio*. Since 1990, a program for early detection has been developed at the national level which involves quarantine measures. This program has been led by SAG and supported by private forestry companies. Its activities encompass three main areas: the establishment of check points at the national level, installation of trap trees for monitoring, and the development of an international agreement of cooperation with Argentina oriented primarily toward detection and control of *S. noctilio* (Klasmer and Fritz 1995). In addition, since August 1994, the SAG has implemented a law that regulates the entrance of wood containers into the country.

Comments

A retrospective analysis shows that through time, various insects have been associated with plantations of *P. radiata*, seemingly in direct relation to the increase in the total area of plantations. The largest impact has been caused by those insects that have been introduced, as in the case of *R. buoliana*. As a result of this problem, a national strategy of integrated pest management is currently being developed which involves the entire forestry sector. Several defoliators native to Chile are in the process of adapting to the pine resources and can cause sporadic infestations. Although not be permanent and present only under certain environmental conditions, these infestations stress the resource and carry potentially large ecological and economic impacts.

Many insects might potentially be introduced into Chile. As in other countries that possess large areas of pine forest plantations, the insects that bore into tree bark and wood are the most common of these. Given the types of products that Chile exports and the requirements of the countries that buy them, *S. noctilio* is the most likely potential danger. Thus it is necessary to develop a national strategy that prevents or slows down the introduction of this insect. Two aspects of this endeavor, forest management and quarantine, are very

important if Chile is to avoid the introduction and development of new pest infestations.

Forest management

At the national level, it is necessary to strengthen the intensive forest management of plantations of *P. radiata*, in order to permit an increase in growth at the level of individual tree, stand, and plantation. When establishing plantations, aspects such as site selection, planting density, and quality of seedlings should be considered carefully.

Quarantine

Another important aspect is the development of a protocol for quarantine. The various commercial agreements that Chile has recently made imply that, without doubt, the establishment of a system of international cooperation regarding quarantine procedures is fundamental to build awareness about the subject at the national level. As is evident, sufficient human and financial resources should be allocated to this effort. With these efforts, it is certain that the plantations of *P. radiata* will become less susceptible to pest infestations and other forest health problems.

References

- Aguilar, A.; Lanfranco, D. 1988. Aspectos biológicos y sintomatológicos de *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae): una revisión. Bosque 9(2): 87-91.
- Aguilar, A.; Lanfranco, D.; Puentes, O. 1990. Prospección para la detección de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) en Bariloche, República Argentina. Informe de Convenio N° 180. Serie Técnica. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 13 p.
- Baldini, A.; Villa, A. 1992. Bicho del cesto: *Thanatopsyche chilensis* (Lepidoptera: Psychidae). Folleto de Divulgación N° 19. Corporación Nacional Forestal. Protección Fitosanitaria Forestal. s/p.
- Béeche, M.; Cerda, L.; Herrera, S.; Lermenda, M.; Moreno, C.; Vergara, C. 1993. Manual de Reconocimiento de Plagas Forestales

- Cuarentenarias. Santiago, Chile: Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero. 169 p.
- Billings, R. F.; Holsten, E. H.; Eglitis, A. 1971. Insects associated with *Pinus radiata* in Chile. *Turrialba* 22: 105-109.
- Cameron, S.; Peredo, H. 1974. Proposición de un Plan Nacional de Prospección Sanitaria Forestal. In: VIII Jornadas Forestales. Valdivia, Chile. 6 p.
- Ciesla, W.; Parra, P. 1988. *Orthotomicus erosus* Wollaston (Coleoptera: Scolytidae). Folleto de Divulgación N° 16. Chile: Corporación Nacional Forestal, Protección Fitosanitaria Forestal. s/p.
- Ciesla, W. 1988. Pine bark beetles: a new pest management challenge for Chilean foresters. *Journal of Forestry*. 86(12): 21-31.
- Chile. Instituto Forestal. 1996. Estadísticas forestales. Estadístico N° 45. Boletín. 117 p.
- Chile. Corporación Nacional Forestal. 1996. Se consolida el dinamismo. *Revista Chile Forestal* N° 235. 42-43.
- Corporación Chilena de la Madera. 1995. Las plantaciones en el Hemisferio Sur. *Revista Corma* N° 247. 20-21.
- Dafauce, C. 1974. Fortalecimiento del Programa Forestal Nacional de Chile. Plagas Forestales en Chile. FO: SF/CHI 26. Informe Técnico N° 3. s/p.
- Klasmer, P.; Fritz, G. 1995. Acciones de detección y control de *Sirex noctilio* en la Región Cordillerana Andino Patagónica Argentina (Hymenoptera: Siricidae, Sericinae). Informe de la Temporada 1993-1994. 12 p.
- Lanfranco, D.; Aguilar, A. 1990. Opciones de control biológico para *Sirex noctilio*: una revisión (Hymenoptera: Siricidae). *Bosque* 11(2): 9-12.
- Lanfranco, D. 1994. Pest problems of intensive forestry: the shoot moth invasion of *radiata* pine in Chile. In: Alfaro, R; Kiss, G; Fraser, G., eds. The white pine weevil: biology, damage and management. Proceedings of a Symposium held January 19-21, Richmond, British Columbia, Canada. 301-311.
- Lewis, P. 1996. Ortópteros defoliadores de *Pinus radiata* D. Don: nuevos registros. In: XVIII Congreso Nacional de Entomología. Temuco: 20-22 de Noviembre. Sociedad Chilena de Entomología/Universidad de la Frontera. 11 p.
- Ohmart, C.P. 1980. Insect pests of *Pinus radiata* plantations: present and possible future problems. *Australian Forestry*. 43(4): 226-232.
- Osorio, M., Cerda, L., Donoso, M., Peredo, H.; Gara, R. 1977. Programa para la Protección de los Bosques Nacionales. Contribución al Proyecto CONAF/PNUD/FAO. CHI/76/003. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ingeniería Forestal. 23 p.
- Ramirez, O.; De Ferari, L. 1991. Comité Nacional de Sanidad Forestal: memoria anual 1990. Santiago, Chile: CONAF/ Empresas Forestales. 24 p.
- Tribe, G.D. 1995. The *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae), a pest of *Pinus* species now established in South Africa. *African Entomology* 3(2): 215-217.
- United States Department of Agriculture, Forest Service. 1993. Pest risk assessment of the importation of *Pinus radiata*, *Nothofagus dombeyi*, and *Laurelia philippiana* logs from Chile. Miscellaneous Publication N° 1517. Washington, DC: USDA Forest Service. 248 p.
- Villa, A.; Ojeda, P. 1981. La cuncuna espinuda, un insecto nativo defoliador de pino insignie (*Ormiscodes* sp. Lepidoptera: Saturniidae). Programa de Control de Plagas y Enfermedades Forestales. CONAF. Folleto de Divulgación N° 5. s/p.

Current status of research on *Sirex noctilio* F. in the Andean-Patagonian region in Argentina

P. Klasmer, G. Fritz, J. Corley, and E. Botto

Presence of *Sirex noctilio* F. in Argentina

Sirex noctilio F. is a forest pest of recent appearance in Argentina. It was detected for the first time in 1985, in the province of Río Negro, in the eastern part of the country (Ezpinoza et al. 1986). From there it spread to other provinces: Corrientes y Misiones (NE); Buenos Aires (E); Jujuy (N) and Córdoba (Centro).

Introduction in Patagonian Argentina

The presence of *S. noctilio* in Patagonian Argentina was detected in 1990, in a private forest company close to the city of San Carlos de Bariloche (71° W - 41° S), Río Negro province (Aguilar et al. 1990). It is thought that its accidental entrance into the region was made through infected wood from Buenos Aires. In January 1993, it was discovered in a mixed conifer plantation. From then on several Argentinean public institutions initiated a program to combat the pest. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-National Institute of Agriculture and Livestock Technology (INTA), Servicio Forestal Andino de Río Negro-Río Negro Andean Forestry Service (SFA), Instituto Argentino de Sanidad y Calidad Vegetal-Argentinean Institute of Plant Health and Quality (IASCAV), and, recently, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas-National Council for Scientific and Technical Research (CONICET) are involved in this effort.

Program objectives

Pest control

The initial strategy against *S. noctilio* was its eradication, as its presence was concentrated in an area close to the private forest company. In this manner, control was made by the elimination (cut and incineration) of trees that presented symptoms of having being attacked by *S. noctilio*. Controladora de Plagas Forestales (Forest Pest Control-Chile) (CPF) financing, and Servicio Agrícola y Ganadero-Chile (SAG) technical support were used for the development of these tasks for two seasons.

Pest Monitoring

The early detection of *S. noctilio* was attempted in all susceptible pine plantation areas in the zone. To make this possible, several trap trees were installed by using herbicide (e.g., dicamba) applying two milliliter doses for a ten-centimeter perimeter in the base of the trees, with six trees per plot. These plots allow the monitoring of the pest and the disposition of its natural enemies.

Bio-ecological studies

The population dynamics of *S. noctilio* was evaluated on larvae and adult insects collected from bait trees, as well as from trees which were naturally infested. The material was put in cages laid in the same plantation. Density, sex ratio, adult emergence period, size, and mortality factors were estimated. These studies made possible the verification of *S. noctilio* population phenology and the detection of the presence of *Ibalia leucospoides* (Hochenwarth), its only natural enemy observed until now (Klasmer & Fritz 1994). The evaluation of the possible impact of *I. leucospoides* on the pest was also verified.

Information distribution

The importance of *S. noctilio*, its biological aspects, and action measures to be considered will be divulged to forest product producers and the general public by means of meetings, publications, and radio and television broadcasting. An informative brochure was published with the contribution of SAG and economic support of CFP from Chile.

Current situation

Three years after the beginning of research, the following information has been obtained:

- The activity period of *S. noctilio* starts at the end of December and goes on until May
- Between 1993 and 1996, the pest spread about 20 kilometers, from the concentrated area of its initial infestation, in the direction of the prevailing winds (west to east)
- The emergence of adults causes a population peak in March
- The density of adults varied from eight to 124/m² of trunk surface area
- The sex ratio slightly favored females (1:1.2)
- *S. noctilio* life cycles varied from one to three years
- *Ibalia leucospoides* (Hochenwarth) was the only natural enemy of *S. noctilio* found; an excellent synchronicity between *S. noctilio* and *I. leucospoides* life cycles was observed
- Parasitism rates of *S. noctilio* by *I. leucospoides* varied between 20 and 40 percent, depending on the season
- These parasitism percentages are considered important because of the low population levels of *S. noctilio*

Based on these results a biological control strategy that contains the following aspects will be developed:

- Increase parasitic activity of *I. leucospoides*, through its periodic seasonal production and release
- Introduce new *S. noctilio* natural enemies *Beddingia* [= *Deladenus*] *siricidicola*, *Megarhyssa nortoni* [Cresson], and *Rhyssa persuasoria* (L.)
- Evaluate *Urocetus gigas* potential as an alternative host to *I. leucospoides*
- Search for basic information to elaborate life tables and permit the development of predictive models of *S. noctilio* populational dynamics

Biological control of *Sirex noctilio* in South Africa

Geof Tribe

The Kamona strain of the parasitic nematode *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola* (Bedding) was inoculated into 250 Monterey pine (*Pinus radiata* D. Don) trees infested with *S. noctilio* F. larvae in the southwestern Cape Province in 1995. Only 3.3% of trees had been killed by *Sirex*. Prior to the emergence of *Sirex* from these logs, sections were removed to the research station where they were individually caged. The percentage of parasitism by *B. siricidicola* over their entire range averaged 23 percent. This low parasitism rate was due to reduced dispersion of the nematode within the logs after inoculation, but the rate is expected to improve considerably when spread naturally by *S. noctilio* itself. Importations of *Ibalia leucospoides* (Hochenwarth) and *Megarhyssa nortoni* (Cresson) have been proposed to augment the present control exerted by *B. siricidicola*.

The distribution of *Sirex noctilio* in South Africa

Waldo Hinze

Introduction

In South Africa *Sirex noctilio* F. is limited to an area within a radius of 90 kilometers from the Cape Peninsula. This area is mainly planted to Monterey pine (*Pinus radiata* D. Don) and, on the poorer sites, to maritime pine (*P. pinaster* Ait).

The Forestry Regions are concentrated in the higher rainfall areas in the east between latitudes 23 degrees South and 34 degrees South. Only 30 percent of the country has a rainfall exceeding 1,000 millimeters per annum. The Western Cape has its rain in winter, the Southern Cape over the whole year, and the eastern part of the country in summer.

The total afforested area can be summarised as follows:

Softwoods (<i>Pinus</i>)	757 833 ha
Hardwoods (<i>Eucalyptus</i>)	670 797 ha
Total	1,428 630 ha

Expected spread of infestation of *Sirex* in South Africa

Natural movement

At a rate of 30 kilometers per annum, *Sirex* should be confined to the Cape for a number of years. There are a number of gaps along the Eastern Cape coast which are not planted to *Pinus*.

Movement through transportation of timber

The greater danger is that *Sirex* will spread through transportation of timber by road, rail, or ship. *Sirex* may be introduced to the northern part of the country by the transportation of logs from the south over 2,000 kilometers. *Sirex* may be introduced from outside the country through the Richards Bay or Maputu harbours. *Sirex* can also be introduced to countries who buy timber from South Africa. Timber is presently being exported to Turkey, Korea, the Phillippines, and Japan.

Conclusion

The biological control of *Sirex* in the Western Cape is vital for the other South African Forestry Regions and countries further north. When the pest eventually reaches the Eastern and Northern Forestry Regions, the industry should be prepared and ready to deal with the problem. Work on the biological control of *Sirex* is therefore of utmost importance.

List of acronyms

AGRIS-Agricultural Research Information System; a program of the United Nations FAO.

BHD-breast height diameter, also DBH, diameter at breast height

BIOCAT-a database of published information on all introductions to date of insect natural enemies against arthropod pests. Created and maintained by CABI-Bioscience, formerly International Institute for Biological Control (IIBC).

CABI-Centre for Agriculture and Bioscience International

CLIMEX-a computer program for modeling climate

CNPQ-Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (Brasil)(National Center on Forest Pests)

CONAF-Corporación Nacional Forestal (Chile) (National Forestry Corporation)

CONICET-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (National Council for Scientific and Technical Research)

CONIF-Corporacion Nacional de Investigacion Florestal de Colombia

COSAVE-Comitê Fitossanitário do Cone Sul (Comité de Sanidad Vegetal del Cono Sur, Plant Protection Committee of the Southern Cone)

CPF-Controladora de Plagas Florestales de Chile

CSIRO-Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization

DAP-Dados de diâmetro à altura do peito (diameter at breast height)

DSIR-Department of Scientific and Industrial Research (New Zealand) In 1992, restructured as various institutes, including Industrial Research Lab (IRL)

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Brasil) (Brazilian Agricultural Corporation)

EPAGRI-Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina (Santa Catarina State Research Company)

FAO-Food and Agriculture Organization (United Nations)

FRI- Forest Research Institute (New Zealand) (now CSIRO Division of Forestry)

FUNCEMA-Fundo Nacional de Controle à Vespa-da-Madeira (Brasil) (National Fund for Wood Wasp Control)

IASCAV-Instituto Argentino de Sanidad y Calidad Vegetal (Argentinian Institute of Plant Health and Quality)

IBAMA- (Brasil) National Resources Institute

IIBC-International Institute for Biological Control (formerly CIBC), now CABI Bioscience

INFOR-Instituto Forestal (Chile)

INTA-Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária (Argentina) (National Institute of Agriculture and Livestock Technology)

IUFRO-International Union of Forest Research Organizations (União Internacional das Organizações de Pesquisa Florestal)

MERCOSUL; MERCOSUR-Southern cone treaty similar to NAFTA

MOU-Memorandum of Understanding

Planin-Computer modeling program for evaluating economic profits

PNCVM-Programma Nacional de controle a vespa-da-madeira (Brasil) (National Program for Woodwasp Control)

PNUD- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (United Nations Program for Development)

PAP-parcelas de amostras permanentes

PSP-permanent sampling plot

RIFALC-Rede de Informação Florestal para a América Latin e Caribe (Latin American and Caribbean Information Systems Network)

SAFCOL-a South African commercial company

SAG-Servicio Agrícola y Ganadero (Chile) (Chilean Agriculture and Livestock Service)

SFA-Servicio Florestal Andino de Río Negro (Rio Negro/Andean Forestry Service)

Sispinus-a computer modeling program; generates tables showing timber growth and production for multiple industrial uses

SPDC-Special Program for Developing Countries (Programa Especial de Apoio a Países em Desenvolvimento)(United Nations)

Forest Health Technology Enterprise Team

TECHNOLOGY
TRANSFER

Biological Control

Atas do Treinamento sobre Uso de Inimigos Naturais para o Controle de *Sirex noctilio*

Edson Tadeu Iede
Erich Schaitza
Susete Penteado
Richard C. Reardon
Sean T. Murphy

Forest Health Technology Enterprise Team

Morgantown, WV



Forest
Service

FHTET 98-13
October 1998

Acknowledgments

Thanks to the Brazilian Agricultural Corporation (EMBRAPA), National Center of Forestry Research (CNPQ) and the Centre for Agriculture and Bioscience International (CABI) for coordinating this workshop. Special thanks to the two principal trainers, Dr. John Madden from the University of Tasmania, and Dr. Sean Murphy from CABI-Bioscience. Thanks also to Shirley Wilsey of Autometric Services Company for editing, layout, and design, and to Patty Dougherty for printing advice and coordination.

The use of trade, firm, or corporation names in this publication is for information only and does not constitute an endorsement by the U.S. Department of Agriculture.

The United States Department of Agriculture (USDA) prohibits discrimination in its programs on the basis of race, color, national origin, sex, religion, age, disability, political beliefs, and marital or familial status. (Not all prohibited bases apply to all programs.) Persons with disabilities who require alternative means for communication of program information (braille, large print, audiotape, etc.) should contact the USDA's TARGET Center at 202-720-2600 (voice and TDD).

To file a complaint, write the Secretary, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC 20250, or call 1-800-245-6340 (voice), or 202-720-1127 (TDD). USDA is an equal employment opportunity employer.

Atas do Treinamento sobre Uso de Inimigos Naturais para o Controle de *Sirex noctilio*

Colombo, Brasil

4 a 9 de novembro de 1996

Coordenadores e revisores técnicos:

**Edson Tadeu Iede, Susete Penteado, and Erich Schaitza¹, Richard C. Reardon²,
and Sean T. Murphy³**

¹EMBRAPA CNP Florestas, Colombo, PR, Brasil

²U.S. Department of Agriculture Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team,
Morgantown, WV, U.S.A.

³Centre for Agriculture and Bioscience International, Silwood park, Ascot, Berkshire, United
Kingdom

For additional copies of this publication, contact Edson Tadeu Iede or Erich Schaitza in Colombo, Brasil at (55)-41-766-1313; Richard C. Reardon in Morgantown, WV, USA at (304)-285-1566 or Sean Murphy in Silwood Park, United Kingdom at (44)-34-487-2999

Contributors

Angelica M. Aguilar
Universidad Austral de Chile
Casilla 567, Valdivia
Chile

E. Botto
INTA
C.C. 25
1712 - Castelar
Argentina

Americo Iorio Ciociola
Universidade Federal de Lavras
Departamento de Fitossanidade
Caixa Postal 37
37200-000 - Lavras, MG
Brasil

J. Corley
INTA
C.C. 26 (R.N.)
8430 El Bolson - Rio Negro
Argentina

Wilson Reis Filho
EPAGRI
Caçador, SC
Brasil

G. Fritz
INTA
C.C. 26 (R.N.)
8430 El Bolson - Rio Negro
Argentina

Waldo Hinze
SAFCOL
P.O. Box 1771
Silverton 0127
Pretoria
Republic of South Africa

Edson Tadeu Iede
EMBRAPA Florestas
Estrada da Ribeira km 111
Caixa Postal 319
83411-000 - Colombo, PR
Brasil

Paula Klasmer
INTA
C.C. 26 (R.N.)
8430 El Bolson - Rio Negro
Argentina

John Madden
University of Tasmania
Agricultural Science Dept.
GPO Box 252C
Hobart 7001
Tasmania

Juan Francisco Porcile Maderni
Dirección Forestal
Av. 18 de Julio 1455, 6 piso
Montevideo 11.200
Uruguai

Sean T. Murphy
International Institute of Biological Control
Silwood Park, Buckhurst Road
Ascot, Berkshire SL5 7TA
United Kingdom

Edilson Batista de Oliveira
EMBRAPA Florestas
Estrada da Ribeira km 111
Caixa Postal 319
83411-000 - Colombo, PR
Brasil

Susete do Rocio Chiarello Penteadó
EMBRAPA Florestas
Estrada da Ribeira km 111
Caixa Postal 319
83411-000 - Colombo, PR
Brasil

Cristian Perez
Corporación Nacional Forestal
Avenida Buines, 259, Santiago
Chile

Miguel Angel Poisson
Servicio Agrícola y Ganadero
Avenida Bulnes, 140 - Piso 3
Santiago
Chile

Richard C. Reardon
U.S. Department of Agriculture
Forest Service
180 Canfield Street
Morgantown, WV 26505
USA

Erich Schaitza
EMBRAPA Florestas
Estrada da Ribeira km 111
Caixa Postal 319
83411 - 000 - Colombo, PR
Brasil

Geof Tribe
Plant Protection Research Institute
Ryan Road Rosebank
Cape Town 770
Republic of South Africa

Prefácio

Á área plantada com pinus aumentou rapidamente nas últimas duas décadas na América do Sul. Vários países são dependentes do plantio de florestas de rápido crescimento para suprirem suas necessidades de madeira serrada, celulose, energia e outros produtos de madeira. Além disto, estas plantações aliviam a pressão de exploração de algumas espécies naturais em florestas como, a Amazônica, a Atlântica e a de Araucária. Atualmente, há cerca de 5,0 milhões de hectares de plantações florestais no Brasil, dos quais, 2 milhões, com diferentes espécies de pinus.

As espécies de pinus, na América do Sul, permaneceram por muito tempo, isentas de pragas e doenças. Entretanto, a partir dos anos 80, várias espécies de insetos e fungos foram introduzidos no continente e tem provocado danos sérios e generalizados. No momento, várias pragas ameaçam a viabilidade futura dos plantios de pinus e também a diversidade arbórea como um componente de programas de reflorestamento sul americanos.

Sirex noctilio F. (Hymenoptera: Siricidae), é um inseto nativo da Europa Central, Oriente Próximo e norte da África, onde é considerada uma praga secundária em troncos de árvores de pinus, as quais encontram-se na condição de dominada ou que tenham sofrido injúrias. Entretanto, quando foi introduzida na Nova Zelândia, Tasmânia e Austrália, causou a mortalidade de árvores de pinus em grandes áreas reflorestadas. Este inseto está associado a um fungo, *Amylostereum areolatum*, o qual é tóxico para certas espécies de pinus.

Sirex noctilio foi registrada pela primeira vez na América do Sul, em 1980, no Uruguai. Em 1988, foi constatada no sul do Brasil. Vem causando danos generalizados e, em alguns casos localizados, causou mortalidade de até 60% das árvores, em plantios no Brasil e em seus países vizinhos. No Brasil, o inseto ocorre atualmente nos três estados do sul (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná), ocupando uma área aproximada de 250.000 ha de plantios de pinus. Esta região possui aproximadamente 60% dos plantios brasileiros de pinus. Os danos anuais atribuídos a *S. noctilio*, nesta região, são estimados em US\$ 5 milhões.

Existe um tremendo potencial para uma maior dispersão desta praga pela América do Sul, especialmente para o Chile, onde há mais de 1,3 milhões de hectares de plantios de *Pinus radiata* D. Don). Além disto, países como os Estados Unidos também estão potencialmente ameaçados por *S. noctilio*, à medida em que o comércio internacional aumenta.

Durante o primeiro encontro do Grupo de Trabalho Permanente em Sanidade Vegetal, ocorrido em 1992 no Brasil, os países do Cone Sul (Argentina, Brasil, Chile, e Uruguai) identificaram *S. noctilio* como a praga que oferecia maior ameaça às plantações de pinus na América Latina.

Ainda em 1992, foi realizada uma conferência regional sobre *Sirex noctilio*, em Florianópolis, Brasil, com representantes da Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Estados Unidos, Paraguai, Uruguai, e Venezuela. Esta foi a primeira conferência regional sul americana para tratar de uma praga florestal. Esta conferência recomendou que se complementasse o trabalho de controle biológico já iniciado com a aplicação de nematóides, com a introdução de um complexo de parasitóides e uso de uma série de medidas silviculturais (Ciesla 1993).

O Brasil, é um país chave para as atividades internacionais do Serviço Florestal Americano, devido às dimensões de sua área florestal (13% da área de florestas naturais, mais de 30% das florestas tropicais latifoliadas e 33% das plantações do mundo). O Serviço Florestal do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos tem uma capacidade única de promover avanços da ciência e práticas sustentáveis de manejo florestal. As atividades do Serviço Florestal Americano no Brasil são desenvolvidas através de Memorandos de Entendimento com o IBAMA e com a EMBRAPA. Um dos

aspectos destes memorandos é a restauração e manutenção da sanidade florestal pela assistência na redução da dispersão de insetos, doenças e ervas daninhas que poderiam ter algum impacto sobre o Brasil e os Estados Unidos.

Em 1994, o Serviço Florestal Americano assinou um contrato amplo com a CABI-Bioscience, Ascot, Reino Unido (antigo Instituto Internacional de Controle Biológico) e várias organizações australianas, para aproveitar outras experiências internacionais no controle de *S. noctilio*. Através desta colaboração, iniciou-se um programa de introdução no Brasil de parasitóides de *S. noctilio* provenientes da Austrália. Um treinamento sobre controle biológico, realizado na Embrapa Florestas, Colombo, Brasil, em novembro de 1996, deu suporte técnico para esta atividade. Os principais propósitos do treinamento foram prover os vários países ameaçados por *S. noctilio* de um fórum para troca de informações e oferecer um treinamento em criação e liberação de parasitóides e métodos de avaliação de parasitismo. Entre os participantes havia representantes do Brasil, Argentina, Chile, Uruguai, África do Sul, Austrália, e Reino Unido.

Em 1997, foi assinado um contrato de cooperação com três anos de validade entre a Embrapa e o Serviço Florestal Americano (97-PA-002). Este contrato permite que as partes continuem a trabalhar cooperativamente para o desenvolvimento de um programa integrado de manejo da vespa-da-madeira, *Sirex noctilio*.

Richard C. Reardon
Sean T. Murphy

Contents

Espécies exóticas invasoras: uma ameaça a para a sanidade florestal	1
Controle biológico insetos pragas de florestas e de sistemas agroflorestais tropicais: uma revisão	3
Manejo de <i>Sirex</i> : silvicultura, monitoramento e controle biológico (uma introdução)	13
Aspectos do controle de <i>Sirex</i> e desenvolvimento de estratégias de manejo na Austrália	17
Aspectos práticos do controle de <i>Sirex</i>	21
Cultura de siricídeos e de parasitóides	25
Populações de parasitóides indíginos de siricídeos e principais agentes de controle biológico de <i>Sirex noctilio</i> na Austrália: uma revisão	29
Cooperação internacional sobre procedimentos quarentenários	35
Liberação e avaliação de parasitóides em projetos de controle biológico clássico: uma breve revisão	39
Programa nacional de controle á vespa-da-madeira no Brasil	43
Métodos de amostragem para avaliação dos níveis de ataque de <i>Sirex noctilio</i> em plantios de <i>Pinus taeda</i> e para monitoramento da eficiência de seus inimigos naturais	53
Aspectos bioecológicos de <i>Sirex noctilio</i> F. (Hymenoptera: Siricidae) e de seu parasitóide <i>Ibali leucospoides</i> (Hymenoptera: Ibaliidae)	63
Manejo florestal para prevenção e controle de <i>Sirex noctilio</i> em <i>Pinus taeda</i>	69
Organização da informação sobre <i>Sirex noctilio</i> : um projeto simples, barato e de alto impacto	79
Estado actual de <i>Sirex noctilio</i> F. en Uruguai	83
Acciones de deteccion de <i>Sirex noctilio</i> en Chile	87
Situación actual de insectos que se asocian a <i>Pinus radiata</i> D. Don en Chile y estrategia desarrollada con relación a <i>Sirex noctilio</i> F.: un insecto de introducción potencial.....	91
Estado actual de las investigaciones sobre <i>Sirex noctilio</i> F. en la region Andino-Patagonica Argentina	97
Controle biológico de <i>Sirex noctilio</i> na África do Sul	99

A distribuição de <i>Sirex noctilio</i> na África do Sul	101
Siglas	103

Espécies exóticas invasoras: uma ameaça para a sanidade florestal

Richard C. Reardon

Durante o início dos anos 90, a preocupação com o presente e futuro das florestas americanas foi expresso no número de Congressos realizados, como também, pelas representações de várias organizações de manejo de terra, principalmente, devido a inúmeros surtos de pragas e à ocorrência de fogo, no oeste do país. Em um esforço para direcionar esta preocupação, o decreto da Cooperativa de Assistência Florestal, de 1978, foi modificada em 1990, para fortalecer os programas do USDA Forest Service a respeito de sanidade florestal. A seção do decreto que autorizava os programas de proteção de florestas foi modificado, especialmente, para incluir o monitoramento em sanidade florestal, desenvolvimento de tecnologias e promoção de medidas de manejo para a proteção florestal. Como resposta, o Forest Service e o U.S. Environmental Protection Agency, em cooperação com agências florestais estatais e outras, implementaram um extenso Programa de Monitoramento em Sanidade Florestal. Também, em 1993, o Serviço Florestal atualizou seu plano estratégico atendendo à preocupação com Sanidade Florestal, "Florestas saudáveis para o futuro da América, um Plano Estratégico". Este plano resume os objetivos e ações para manter ou restabelecer a sanidade das florestas em propriedades nacionais e privadas.

A sanidade Florestal, é reconhecido como um problema que requer cooperação internacional. A ameaça de pragas florestais exóticas para os Estados Unidos e simultaneamente, a ameaça de pragas nativas dos Estados Unidos para outros países, são preocupações mútuas. As seguintes ações foram implementadas nos Estados Unidos para melhorar a cooperação internacional em sanidade florestal: fortalecimento da cooperação em tecnologias operacionais para o manejo de pragas e doenças, fornecendo assistência técnica para promover a competência dos programas, intensificando a capacitação da pesquisa para a proteção das florestas e o desenvolvimento de

conhecimentos básicos em pragas exóticas. Por exemplo, em 1990, o USDA recebeu uma proposta de uma indústria, para importar toras de larício da Sibéria. Em 1991, uma análise de risco de pragas para toras de larício importados da Rússia foi concluída pelo Serviço Florestal, indicando que danos potenciais poderiam ser provocados por uma das várias pragas florestais existentes na Rússia. Proposta similar foi recebida para a importação de toras da Nova Zelândia e Chile. A análise de risco de pragas realizada para a Nova Zelândia, também indicou a existência de pragas potenciais, caso toras de pinheiro *Pinus radiata* (D. Don) fossem importados, sem as medidas apropriadas de quarentena. Enquanto isso, três novas pragas florestais exóticas foram detectadas nos Estados Unidos, entre 1991 e 1992: a forma asiática da mariposa cigana, o besouro dos brotos do pinheiro europeu e a ferrugem das folhas de choupo. Durante o encontro do Grupo de trabalho de insetos e doenças da Comissão Florestal Norte Americana, em outubro de 1993, o grupo apoiou a proposta para preparar uma lista de pragas florestais exóticas para a América do Norte. Representantes do Canadá, México e Estados Unidos coordenam a elaboração desta lista, a qual identifica organismos quarentenários, fornecendo bases para a harmonização entre os países da América do Norte, proporcionando uma posição pró-ativa a respeito da introdução de novas pragas através de sobre a biologia, potencial de danos e opções de controle para as pragas. Fornece também, as bases para o desenvolvimento de estratégias, de acordo com a introdução de novas pragas de madeira de florestas.

Grandes áreas florestais que são susceptíveis a pragas continuarão necessitando de esforços para o controle de pragas. Recentemente, tem sido dado ênfase ao uso do controle biológico como fundamento para o manejo integrado, visando o controle de pragas florestais. Por exemplo, o International Forestry Operations e

o Forest Health Protection estão trabalhando junto com contrapartes brasileiros (ex. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA]) para desenvolver um programa desenvolver métodos para o controle de pragas e para auxiliar na redução da dispersão de insetos, doenças e ervas daninhas, que podem causar impacto econômico para os Estados Unidos. De manejo integrado para a vespa-da-madeira, *Sirex noctilio* F. é nativa das florestas de *Pinus* da Europa. Ela foi identificada como a praga que possui a maior ameaça para os plantios de coníferas da América do Sul.

Controle biológico insetos pragas de florestas e de sistemas agroflorestais tropicais: uma revisão

Sean T. Murphy

Introdução

Na região tropical, definida aqui como a área localizada entre 27° N e S do equador (Evans 1982) ocorreu, neste século, um crescente aumento das áreas destinadas a plantações florestais em pequena e grande escalas. Durante os últimos 30 anos, ou mais, aumentou muito, em todas as partes do trópico, programas de reflorestamento e agrofloresta, envolvendo espécies de madeira pouco densa, espécies de madeira densa e árvores para uso múltiplo. Este aumento deveu-se à demanda das indústrias florestais, a programas de estabilização de solos e às necessidades de alimento e energia (Anon. 1985; Evans 1986).

Apesar de muitos países tropicais possuírem e continuarem a investir em monoculturas, há muitas evidências que indicam que plantios deste tipo apresentam alto risco, sendo susceptíveis a insetos e outras pragas (Gibson e Jones 1977). Muitos programas florestais nacionais tem se voltado aos métodos de controle biológico que envolvem o uso de inimigos naturais para solucionar problemas com pragas, isto em função de inúmeras razões. Primeiramente, regiões reflorestadas são geralmente extensas e, assim, a aplicação de inseticidas para o controle de pragas é uma atividade cara para ser usada por alguns países; em contraste, algumas estratégias de controle biológico, como por exemplo, técnicas de introdução de inimigos naturais (clássica), apresentam um baixo custo e são apropriadas para grandes áreas, porque estes podem dispersar-se efetivamente por conta própria. Em segundo lugar, e mais geral, a longa rotação da maioria dos plantios florestais (30 a 100 anos) e a não realização de práticas

silviculturais, propiciam condições para o aparecimento de pragas e o consequente uso de inimigos naturais.

Em função do aumento da importância econômica de plantios florestais para países tropicais e devido aos problemas causados por insetos pragas, é necessário que estratégias de manejo de pragas sejam criticamente revisadas, bem como, deve ser avaliado o seu valor na proteção das culturas.

Vários autores (ex.: Hall e Ehler 1979; Hall et al. 1980; Greathead 1986; Waage e Greathead 1988; Greathead e Greathead 1992) utilizaram registros históricos de técnicas de introdução no controle biológico para avaliar o sucesso deste método na agricultura e floresta, em uma base global e para determinar que fatores, se existe algum, influenciam as chances de sucesso. Embora esta ampla análise tenha gerado algumas estatísticas úteis sobre técnicas gerais de introdução, forneceram pouca informação sobre o sucesso desta técnica em condições ambientais particulares. Neste trabalho, foi feita uma revisão de projetos de controle biológico que foram implementados sobre insetos pragas de florestas tropicais e agrofloresta e também discutida as oportunidades e mudanças para a sua melhor utilização no manejo de pragas em florestas tropicais.

Projetos de controle biológico

Tradicionalmente, em controle biológico, a introdução (ex.: a importação e a liberação de um inimigo natural específico, da área de origem da praga) é o método mais eficiente para o controle de pragas exóticas (ver DeBach

1964), onde todas as técnicas (introdução, inoculação e inundação) são usados para pragas nativas. Uma ou mais destas técnicas são particularmente convenientes para pragas de sementes, árvores jovens ou árvores adultas. Será feita uma revisão dos diferentes tipos de controle biológico que tem sido implementado contra pragas florestais tropicais nativas e exóticas. Informações sobre projetos de controle biológico foram obtidas de duas formas. Primeiro, foi realizada uma busca na base de dados BIOCAT (Greathead e Greathead 1992). Esta base de dados é fornecida pelo Centre for Agriculture and Bioscience International (CABI-Bioscience) e contém informações publicadas (fonte, praga, agente e resultados) atualizadas sobre todos os insetos, inimigos naturais, introduzidos para o controle de artrópodos pragas. No BIOCAT, toda a introdução de uma espécie é tratada como um registro separadamente. Assim, nos casos onde vários agentes foram usados contra uma praga em particular, o BIOCAT conterá um equivalente número de registros. Algumas das limitações do conjunto de dados que o BIOCAT apresenta foi discutido por Greathead e Greathead (1992) e assim, não serão discutidas aqui. Em segundo lugar, uma procura mais generalizada foi feita na CABI's, a qual é uma base de dados muito vasta, em agricultura e floresta, para localizar projetos de controle biológico envolvendo outros agentes

(por ex. patógenos) e técnicas (por ex. projetos de incremento de inimigos naturais nativos).

Pragas nativas

Neste grupo de pragas verificou-se que o número de projetos implementados é pequeno; na base mundial "worldwide", provavelmente não mais que 20 espécies são citadas. É óbvio que apenas uma pequena proporção de pragas nativas são relacionadas no "worldwide". A despeito do pequeno número de projetos realizados, muitas regiões dos trópicos parecem ter utilizado o controle biológico contra pragas nativas. Muitos projetos foram direcionados para pragas de árvores jovens e árvores adultas.

Os projetos de controle biológico que tem sido conduzidos, podem ser divididos em dois grupos:

1. introdução de insetos exóticos e agentes microbianos
2. aumento de insetos nativos e agentes microbianos

Poucas introduções de insetos exóticos parecem ter sido feitas (Tabela 1).

Tabela 1. Introdução de agentes de controle contra insetos pragas florestais nativos				
Agentes de controle	Praga	Planta	País	Resultado
Insetos				
<i>Cedria paradoxa</i> Wilkinson	<i>Eulectona machaeralis</i> (Walker)	Teca	India	Não conhecido
<i>C. paradoxa</i>	<i>E. machaeralis</i>	Teca	Burma	Não conhecido
<i>Telenomus aliohilae</i> (Viereck)	<i>Oxydia trychiata</i> Guenee	Cipreste	Columbia	Obteve sucesso
Hymenoptera - parasitoides	<i>Hypsipyla grandella</i> (Zeller)	Mogno	Brasil e vários países do Caribe	Fracassou
Hymenoptera - parasitoides	<i>Hyblaea puera</i> (Cramer)	Teca	India	Não conhecido/fracassou
Hymenoptera - parasitoides	<i>H. puera</i>	Teca	India	Não conhecido/fracassou
Bacteria				
<i>Bacillus thuringiensis</i> Berliner	<i>Pachypasa capensis</i> (Linnaeus)	<i>Pinus</i>	África do Sul	Continua sendo pesquisado
<i>B. thuringiensis</i>	<i>Euproctis terminalis</i> Walker	<i>Pinus</i>	África do Sul	Continua sendo pesquisado
<i>B. thuringiensis</i>	<i>Dendrolimus punctatus</i> (Walker)	<i>Pinus</i>	China	Continua sendo pesquisado?
Viroseas				
Virus do poliedrose citoplasmática	<i>D. punctatus</i>	<i>Pinus</i>	China	Continua sendo pesquisado

Em Columbia, o geometrídeo desfolhador *Oxydia trychiata* (Lepidoptera) transferiu-se do seu habitat natural (florestas de latifoliadas) para plantações exóticas de ciprestes, onde provocaram severos danos. Contudo, em 1975, um parasitóide de ovos, *Telenomus alsophilae* (Hymenoptera: Scelionidae), foi importado dos EUA, liberado e este foi eficiente no controle da praga (Bustillo e Drooz 1977). Um certo número de projetos de controle biológico realizados nos anos 60 e 70, contra a broca do broto do mogno, *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae), foram desenvolvidos em vários países no Caribe e no Brasil. Doze espécies de parasitóides foram coletadas na Índia, em *Hypsipyla robusta* (Moore) e foram testadas contra a praga. Muitos dos parasitóides não se estabeleceram, poucas espécies que se estabeleceram, não foram efetivas no controle e outras, os resultados são desconhecidos. As razões do insucesso destes projetos são desconhecidas, mas apenas uma pequena proporção de parasitóides de *H. robusta* foram testados. Tentativas similares foram feitas para controlar desfolhadores de teca, na Índia e Burma nos anos 30 e 40, usando parasitóides da Índia, mas novamente os projetos fracassaram ou os resultados são desconhecidos (Rao et al. 1971).

Parece haver apenas dois registros bem documentados do uso de aumento de inimigos

naturais nativos; ambos os projetos foram realizados na China e envolveram liberações inundativas periódicas de parasitóides. No primeiro caso (Tabela 2), liberações inoculativas de *Sclerodermus guani* (Hymenoptera: Bethyidae) foram feitas para controlar o cerambicídeo *Semanotus sinoauster* (Coleoptera), uma séria praga do pinheiro chinês (*Cunninghamia lanceolata*) (Zhang et al. 1989). No segundo caso, liberações inundativas do parasitóide *Trichogramma dendrolimi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) foram realizadas para controlar o desfolhador lasiocampide, *Dendrolimus punctatus* (Lepidoptera) (Yan e Lui 1992). Em ambos os casos o período de controle bem sucedido desta praga foi registrado.

O uso de agentes microbianos, nos trópicos, para o controle de pragas florestais ainda encontra-se no início. O foco tem sido os agentes microbianos que podem ser aplicados como bioinseticidas. A África do Sul e a China (Tabela 1) pesquisam o uso da bactéria *Bacillus thuringiensis* para o controle dos desfolhadores lasiocampídeos e limantrídeos (Anon. 1993a; 1993b); a China também pesquisa o uso do vírus da poliedrose citoplasmática japonês para o controle de *D. punctatus* (Chen 1992). Infelizmente, o custo de produção destes organismos é algumas vezes tão alto, que o seu uso torna-se antieconômico (Chen 1992; Anon

Tabela 2. Aumento de agentes de controle nativos contra insetos pragas florestais nativas

Agentes de Controle	Praga	Árvore	País	Resultado
Insetos				
<i>Sclerodermus guani</i> Xiao e Wu	<i>Semanotus sinoauster</i> Gressit	pinheiro chinês	China	Obteve sucesso
<i>Trichogramma dendrolimi</i> Matsumura	<i>Dendrolimus punctatus</i> (Walker)	<i>Pinus</i>	China	Obteve sucesso
<i>Beauveria bassiana</i> (Bals.) Vuill.	<i>D. punctatus</i>	<i>Pinus</i>	China	Obteve sucesso
<i>Metarhizium anisopliae</i> (Metsch.) Sorok.	Termita	<i>Eucalyptus</i>	Austrália	Fracassou mas continua sendo pesquisado
Víroses				
Vírus da poliedrose nuclear	<i>Hyblaea pueria</i>	teca	Índia	Continua sendo pesquisado
Nematóides				
<i>Steinemema feltiae</i> (Filipjev)	<i>Zeuzera multistrigata</i> Moore	casuarina	China	Obteve sucesso

1993b). Contudo, avanços recentes em técnicas mais econômicas de produção de agentes microbianos nativos, tem aberto caminhos para o aumento do uso destes organismos (Tabela 2). Na Índia, tem sido investigados métodos para utilização de epizotias naturais de um vírus da poliedrose nuclear, para o controle do desfolhador de teca, *Hyblaea pueria* (Lepidoptera: Hyblaeidae), para controlar a praga em áreas onde o vírus esteja ausente (Nair, com. pessoal.). Estas viroses podem, por exemplo, ser aplicadas, via terrestre, em suspensão aquosa de larvas doentes. Este método tem sido eficientemente empregado para o controle das moscas Diptironidae no Canadá (Cunningham e De Groot 1980). Trabalho similar está sendo conduzido na China para o controle de lepidópteros desfolhadores (Anon. 1993b). Pesquisas sobre o uso de fungos patogênicos locais para o controle de insetos pragas tropicais também estão sendo conduzidas em alguns países; estes patógenos podem, muitas vezes, ser economicamente produzidos usando material local. Por exemplo, na China, aplicações aéreas de uma linhagem local de *Beauveria bassiana* tem sido usada para uso no controle de surtos de *Dendrolimus punctatus*. Foi constatada uma mortalidade de larvas de 42 a 92% (Anon 1993b). Além disso, o fungo patogênico *Metarhizium anisopliae* está sendo investigado na Austrália para o controle de térmitas em eucalipto. Testes iniciais não apresentaram sucesso (Hanel e Watson 1983), mas um novo isolado do fungo, mais patogênico, foi selecionado e está sendo usado em testes de campo (Milner 1992). Finalmente, há um exemplo de sucesso de controle pelo uso de um nematóide. Na China, a broca, *Zeuzera multistrigata* (Lepidoptera: Cossidae), causa danos a árvores de casuarina, pela escavação de galerias no interior da árvore. Para o controle desta mariposa, uma suspensão do nematóide *Steinernema feltiae* é aplicado nos orifícios de eliminação da serragem realizados pela praga, na árvore (Xiao 1991).

Conclui-se que diferentes técnicas de controle biológico que foram implementadas ou estão sendo pesquisadas para o controle de pragas

florestais tropicais nativas, podem ser consideradas encorajadoras. Contudo, parece que um maior número de trabalhos precisam ser feitos, para permitir que os agentes de controle sejam corretamente utilizados. Além disso, trabalhos iniciais com microorganismos exóticos sugerem que os custos de produção podem limitar o uso de algumas espécies.

Pragas exóticas

Em um exame realizado na BIOCAT e pelo uso de literatura adicional, pode-se verificar que, projetos de controle biológico de pragas exóticas envolveu apenas a introdução de inimigos naturais exóticos e estes foram isolados, em sua maioria, contra pragas de plantas jovens e adultas. Um resumo destas introduções, obtido na base de dados BIOCAT, é mostrado na Tabela 3.

Tabela 3. Introdução de insetos par o controle de insetos pragas	
Nº . de países	20
Nº . de espécies pragas	17
Nº . de agentes de controle importados	43
Nº . separado de introduções de agentes de todas espécies	59
No. de estabelecimentos	20

Dados da BIOCAT: Greathead and Greathead (1992)

Nesta verifica-se que algumas pragas estão presentes em mais de um país e que, em alguns países, várias espécies de inimigos naturais tem sido introduzidas para controlar pragas. Uma alta proporção de introdução de agentes de controle biológico foram realizadas na América Latina. De 59 introduções, 20 (34%) resultaram no estabelecimento das espécies; isto demonstra o descuido no acompanhamento da eficiência de controle das espécies de pragas.

É claro que, o mais importante para esta análise, são os sucessos obtidos em projetos de controle de pragas em cada país, como por exemplo: se uma praga particular, em um local foi ou não controlada com sucesso pela introdução de um ou mais agentes de controle biológico.

A Tabela 4 mostra que, de um total de 35 projetos que foram desenvolvidos, em 31% dos casos, os resultados são desconhecidos.

Tabela 4. Resultado de projetos de introdução de agentes de controle contra pragas exóticas com base em uma praga regional	
Nº . de projetos	35
Nº . de projetos que obtiveram sucesso	15
Nº . de projetos que fracassaram*	9
Nº . de projetos onde o resultado (por ex. controlada ou não controlada) é desconhecido	11
Porcentagem de projetos que obtiveram sucesso onde o resultados são conhecidos	62.5%

*Alguns agentes de controle podem ter se estabelecido nestes projetos mas não controlaram as pragas.
Dados obtidos no BIOCAT: Greathead and Greathead (1992)

Os projetos cujos resultados são conhecidos, aproximadamente 62%, podem ser considerados com sucesso. Alguns exemplos de sucesso em projetos de introdução de agentes de controle biológico contra pragas florestais tropicais estão resumidos na Tabela 5.

Tabela 5. Exemplos de projetos de introdução contra pragas exóticas florestais tropicais que resultaram em sucesso				
Praga	Planta	Agente de controle	País	Referência
<i>Cinara cronartii</i> Tissot & Pepper	<i>Pinus</i>	<i>Pauesia cinarivora</i> Marsh	África do Sul	van Rensburg (1992)
<i>Goniperus scutellatus</i> Gyullenhal	<i>Eucalyptus</i>	<i>Anaphes nitens</i> (Girault)	Kenia África do Sul Santa Helena Madagascar Ilhas Maurícios	Greathead (1971)
<i>Orthezia insignis</i> Browne	Árvores ornamentais	<i>Hyperaspis patherina</i> (Fursch)	Kenia Tanzania Uganda	Greathead (1971)
<i>Pineus</i> sp.	<i>Pinus</i>	<i>Leucopsis tapiae</i> Blanchard	Havaí	Culliney et al (1988)
<i>Trachymeia tincticullis</i> Blackburn	<i>Eucalyptus</i>	<i>Enoggera reticulata</i> Naumann	África do Sul	Tribe (1992)

Em uma análise de todos os registros do BIOCAT (agricultura e floresta), Greathead e Greathead (1992), mostraram que os homópteros são os insetos mais frequentemente utilizados para definição de técnicas de introdução. Esta ordem é a que tem apresentado os melhores resultados em programas de controle. Infelizmente os dados disponíveis a respeito da introdução de organismos para o controle de pragas florestais tropicais não permitem a realização de uma análise expressiva. Análises adicionais dos dados disponíveis, indicam que a maioria das

introduções (Tabela 6) tem sido concentradas nas espécies de *Pinus*, *Eucalyptus* e *Leucaena*.

Tabela 6. Introdução de agentes de controle contra insetos exóticos em relação ao gênero de planta.	
<i>Pinus</i>	17
<i>Eucalyptus</i>	9
<i>Leucaena</i>	10
Outras (7 gêneros)	23

Dados do BIOCAT: Greathead and Greathead (1992)

Isto ocorre porque as espécies destes gêneros tem sido amplamente plantadas nos trópicos e, dessa forma, atraem mais espécies de pragas que árvores de outros gêneros. Os agentes de controle usados em projetos de introdução de organismos para o controle de pragas florestais tropicais, em sua maioria, pertencem às ordens Hymenoptera e Coleoptera (Tabela 7); isto é coerente com uma análise geral de introduções de inimigos naturais (Greathead e Greathead 1992).

Tabela 7. Agentes de controle introduzidos para utilização contra insetos pragas florestais tropicais

Ordem	Nº. de Espécies	Nº. de Introduções
Hemiptera	5	6
Neuroptera	1	5
Diptera	5	8
Coleoptera	14	25
Hymenoptera	14	20

Dados do BIOCAT: Greathead and Greathead (1992)

Um resumo de alguns projetos que obtiveram menos sucesso é mostrado na Tabela 8; todos os casos referem-se a pragas da ordem Homoptera. Nos primeiros três casos o sucesso no controle da praga foi realizada em outro local (ou vários outros locais) do mundo. As possíveis razões para o insucesso dos exemplos listados parecem incluir a seleção de um agente de controle inferior ou um inadequado método de liberação. No caso do projeto contra *Orthesia insignis*, na Malavi, o sucesso atual do projeto é um tanto controverso, principalmente devido ao impacto do agente *Hyperaspis patherina*, que foi inadequadamente monitorado (Greathead 1971).

Resumindo, parece que as introduções para o controle de pragas florestais tropicais tem resultado em sucesso. Uma avaliação de projetos que fracassaram indicam um número de razões para isto ter acontecido mas nenhum dos problemas identificados apresentam uma limitação para um maior uso de técnicas de introdução. No entanto, uma deficiência de trabalhos anteriores, é o grande número de projetos onde os resultados das liberações são desconhecidos.

Discussão

Pragas nativas de plantios de árvores tropicais são extremamente numerosas em muitas partes dos trópicos. Em certas regiões, notadamente na Ásia, algumas espécies de insetos apresentam uma distribuição regional e causam um grande dano em suas árvores hospedeiras. Entretanto, é irônico que tão poucos trabalhos com controle biológico tenham sido desenvolvidos. Sabe-se que, a utilização de diferentes técnicas de controle biológico, implementadas contra algumas destas pragas, mostraram-se muito promissoras, sugerindo que há uma vasta oportunidade para aplicar estas técnicas para outras pragas florestais presentes nos trópicos. A utilização de inimigos naturais exóticos para o controle de pragas nativas é uma técnica pouco explorada, mas em princípio, tem grande potencial (Carl 1982). No entanto, maior ênfase precisa ser dada na seleção do agente de controle. A oportunidade para o desenvolvimento e uso de agentes microbianos locais (por exemplo: fungos patógenos) também são vistos como promissores, mas pela

Tabela 8. Exemplos de projetos de introdução de agentes de controle contra pragas florestais que não obtiveram sucesso

Praga	Planta	Agente de Controle	País	Referência	Comentários sobre o Projeto
<i>Heteropsylla cubana</i> Crawford	<i>Leucaena</i>	<i>Curinus coeruleus</i> Mulsant	Índia Indonésia	Jalali & Singh (1989) Waterhouse & Norris (1987)	Tentar outro agente? (parasitóide)
<i>Icerya purchasi</i> Maskell	<i>Pinus</i>	<i>Cryptochetum iceryae</i> Williston	São Tomé Índia	Greathead (1971) Rao et al (1971)	Tentar outro agente? [<i>Rodolia cardinalis</i> (Mulsant)]
<i>Orthesia insignis</i> Browne	Ornamentais	<i>Hyperaspis patherina</i> (Fersch)	Malavi	Greathead (1971)	Sucesso/falha discutível. Requer monitoramento preciso.
<i>Pinus ?boemeri</i> Annand	<i>Pinus</i>	<i>Leucopis</i> spp.	Kenia	Owuer (1991)	Sucesso do agente em outro local. Requer novo método de liberação.

necessidade de serem produzidos massalmente, seu uso em grandes áreas de florestas pode ser limitado; eles podem ter um maior potencial para o controle de pragas de sementeiras ou pragas de árvores plantadas em pequenas áreas, como em sistemas agroflorestais. Exemplos de uma praga nativa onde é urgente a utilização do controle biológico, incluem: um desfolhador de teca (*Hyblaea pueria*), mariposa da (nome vulgar em inglês "skeletonizer") da teca (*Eutectona machaeralis*, Lepidoptera: Pyraustidae), a broca dos brotos de *Pinus* (*Dioryctria* spp., Lepidoptera: Phycitidae) na Ásia; a broca dos brotos do mogno (*Hypsipyla* spp.) e os termita (Isoptera: Macrotermitinae), incluindo várias espécies, as quais são problema nos trópicos.

Os trabalhos de controle biológico de pragas nativas enfrentam grandes desafios. Primeiramente, há uma crescente necessidade para que o controle biológico seja integrado com a silvicultura e as estratégias de crescimento das plantas; em outras palavras, para que o controle biológico torne-se parte de um manejo integrado de pragas (MIP). As razões para isto são as seguintes:

- muitas vezes as formas de controle de pragas são realizadas isoladamente, resultando na dificuldade em se definir uma estratégia mais adaptada para um problema particular
- algumas práticas silviculturais e alguns tipos de plantas resistentes podem ser prejudiciais aos inimigos naturais (Hebert et al. 1989; Speight e Wainhouse 1989). Por esta razão, é necessário integrar projetos de pesquisa que concentrem diferentes técnicas
- alguns graus de resistência dentro de espécies de árvores, juntamente com a utilização de práticas silviculturais adequadas e a introdução e/ou aumento de inimigos naturais, podem fornecer níveis aceitáveis de controle, onde qualquer um dos métodos utilizados, isoladamente, não são efetivos (Speight e Wainhouse 1989)

Em segundo lugar, embora as estratégias de introdução e aumento de inimigos naturais

pareçam atrativas para o controle de pragas de espécies tropicais nativas, estas atividades não são reativas, por exemplo, a ação se dá apenas depois que o problema esteja ocorrendo. Contudo, a melhor maneira seria tentar prevenir que ocorram surtos de pragas nativas de risco, pela conservação de inimigos naturais. Este assunto tem recebido pequena atenção em floresta.

Muitas oportunidades existem para incrementar o uso de técnicas de introdução para o controle de pragas exóticas. Algumas iniciativas já são conhecidas. Por exemplo, duas pragas de coníferas da África Oriental e Meridional, o afídeo do cipreste *Cinara cupressi*, e o adelgidae lanígero do *Pinus*, *Pinus?boernerii* (Homoptera: Adelgidae), são os assuntos de um programa regional de controle biológico clássico realizado pelo CABI-Bioscience (Murphy et al. 1994). Outro exemplo inclui projetos contra a cochonilha, *Aonidiella orientalis* (Newstead) (Homoptera: Diaspididae) na Nigéria e o psílideo da leucena *Heteropsylla cubana*, no leste da África. Contudo, muito mais precisa ser feito. Para pragas neotrópicas, inimigos naturais utilizados para o controle de pragas e que obtiveram sucesso em uma região ou continente, puderam ser transferidas para outras regiões onde a praga estava fora de controle. Por exemplo, a vespa-da-madeira, *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae), foi controlada com sucesso na Austrália pelo uso de um nematóide e de ichneumonídeos parasitoides (Berryman 1986). *Sirex noctilio* está controlada, contudo, é um grande problema em muitos países que plantam *Pinus* na América do Sul (Pedrosa-Macedo 1990). Embora alguns agentes de controle tenham sido introduzidos no Brasil e Uruguai (Vibrans 1991), esforços precisam ser feitos para introduzir todos os importantes agentes de controle. Caso contrário, é improvável que se obtenha sucesso no controle desta praga.

Existem também várias pragas exóticas que são excelentes alvos para o controle biológico através do uso de inimigos naturais (insetos), mas onde nenhuma ação parece ter sido feita. As razões para isto não são claras, mas uma delas parece ser que o impacto destas pragas em sua árvore hospedeira ainda não foi quantificado. Exemplos incluem o psílideo

australiano do eucalipto *Ctenarytaina eucalypti* (Maskell) (Homoptera), na África (Kenya Forestry Research Institute, não publicado), os besouros de casca (escolitídeos) da América do Norte, *Ips calligraphus* (Germar) e *Ips grandicollis* Eichhoff (Coleoptera), que atacam *Pinus* na Jamaica (Garraway 1986) e o piralídeo, broca de brotos, *Rhyacionia frustrana* (Comstock) (Lepidoptera), que são originários da parte oriental dos Estados Unidos e atacam *Pinus* na América Central (Ford 1986). Todas estas espécies, com exceção de *I. calligraphus*, foram e continuam sendo o tema de vários projetos promissores de controle biológico em regiões temperadas.

Outra oportunidade que pode ser utilizada em estratégias de introdução, está relacionada ao uso de microorganismos. O foco principal dos projetos de introdução tem sido a utilização de insetos, sendo a maior parte com himenópteros parasitóides e besouros coccinelídeos. Contudo, pesquisas recentes tem demonstrado o potencial de agentes microbianos para o controle de insetos e outras pragas. Alguns destes agentes, por exemplo, entomofítoras fúngicas, são particularmente adequados para uso em estratégias de introdução, porque eles não precisam ser criados massalmente. Este fungo pode ser utilizado contra pragas florestais tais como, afídeos e desfolhadores. Considerações também devem ser feitas sobre a possibilidade de aumento de microorganismos locais contra pragas exóticas de sementeiras.

Existem inúmeros desafios que devem ser levados em consideração para futuros projetos de introdução de inimigos naturais para o controle de pragas exóticas. Por exemplo, embora esta técnica tenha sido utilizada com sucesso, em uma análise de projetos que fracassaram, verifica-se que melhorias no grau de sucesso dos projetos poderia ser obtida se um grande esforço fosse realizado em ações como: seleção de agentes e monitoramento das liberações. Psychorn-Walcher (1977), em uma revisão das introduções realizadas para o manejo de insetos pragas de florestas, demonstrou que estudos sobre pré-introdução de agentes para o controle destes tipos de pragas, são particularmente apropriados, em função da natureza complexa da estrutura e diversidade do complexo de inimigos naturais associados com insetos florestais. Além disso,

os resultados de um grande número de projetos de introdução são desconhecidos, sugerindo que um esforço maior precisa ser dirigido para o monitoramento das liberações. Em adição a estes pontos, e como já discutido para pragas nativas, existe uma crescente necessidade de que as técnicas de introdução de agentes de controle das pragas sejam integradas com a silvicultura e o melhoramento genético das árvores.

Em conclusão, plantios tropicais, com áreas pequenas ou extensas, são importantes para a economia de muitos países e para o sustento das pessoas que vivem na zona rural. Em muitos casos, os plantios tem sido realizados com o apoio de fundos internacionais. Assim, estratégias econômicas e eficientes devem ser definidas para ajudar a defender estas florestas da invasão de insetos e outras pragas. Com base nas considerações gerais e através da análise de registros do uso e consequências do controle biológico em florestas tropicais, nós sugerimos que este método de controle é apropriado para o manejo de muitas pragas nativas e exóticas. Contudo, há a necessidade, em alguns casos, de integrar o controle biológico com outros métodos de controle. Mas, para pragas nativas, é necessário considerar também, a conservação de inimigos naturais, visto que, o MIP para este grupo de praga torna-se mais um exercício proativo do que reativo.

Agradecimentos

Nós agradecemos a Moses Kairo pela ajuda na base de dados BIOCAT e a David Greathead, Chris Prior e Ren Wang, pelas úteis discussões.

Referências

- Anon. 1993a. Annual report of the Plant Protection Research Institute. Pretoria, South Africa: Plant Protection Research Institute. 11 p.
- Anon. 1993b. A general introduction to the research achievements on the major forest insects in China. Report. Beijing, China: Chinese Academy of Forestry. 8 p.

- Berryman, A.A. 1986. Forest insects. New York and London: Plenum Press. 279 p.
- Bigger, M. 1988. The insect pests of forest plantation trees in the Solomon Islands. Chatham, UK: Overseas Development Natural Resources Institute. 190 p.
- Bustillo, A.E.; Drooz, A.T. 1977. Co-operative establishment of a Virginia (USA) strain of *Telenomus alsophilae* on *Oxydia traychiata* in Colombia. Journal of Economic Entomology. 70: 767-770.
- Carl, K.P. 1982. Biological control of native pests by introduced natural enemies. Biocontrol News and Information. 3: 191-200.
- Chen, C. 1992. A general survey using cytoplasmic polyhedrosis virus to control masson pine caterpillar *Dendrolimus punctatus* in China. Report. Beijing, China: Chinese Academy of Forestry. 112 p.
- Cock, M.J.W., ed. 1985. A review of biological control of pests in Commonwealth Caribbean and Bermuda up to 1982. Technical Communication No. 9 of the Commonwealth Institute of Biological Control. Slough, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux. 218 p.
- Cunningham, J.C.; De Groot, P. 1980. *Neodiprion lecontei* (Fitch) reared pine sawfly (Hymenoptera: Diprionidae) In: Kelleher, J.S.; Hulme, M.A., eds. Biological control programmes against insects and weeds in Canada. Slough, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux. 323-239.
- Culliney, T.W.; Beardsley, J.W., Jr.; Drea, J.J. 1988. Population regulation of the Eurasian pine adelgid (Homoptera: Adelgidae) in Hawaii. Journal of Economic Entomology. 81:142-147.
- DeBach, P., ed. 1964. Biological control of insects pests and weeds. London: Chapman and Hall. 844 p.
- Evans, J. 1982. Plantation forestry in the tropics. Oxford, UK: Clarendon Press. 432 p.
- Evans J. 1982. Plantation forestry in the tropics: trends and prospects. The International Tree Crops Journal. 4: 3-15.
- Ford, L.B. 1986. The Nantucket pine-tip moth. Turrialca. 36: 245-248.
- Garraway, E. 1986. The biology of *Ips calligraphus* and *Ips grandicollis* (Coleoptera: Scolytidae) in Jamaica. Canadian Entomologist. 188: 113-121.
- Gibson, I.A.S.; Jones, T. 1977. Monoculture as the origin of major forest pests and diseases, especially in the tropics and southern hemisphere. In: Cherratt, J.M.; Sagar, G.R., eds., Origin of pests, parasite, disease and weed problems. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications. 413 p.
- Greathead, D.J. 1971. A review of biological control in the Ethiopian region. Technical Communication No. 5. of the Commonwealth Institute of Biological Control. Slough, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux. 162 p.
- Greathead, D.J. 1986. Parasitoids in classical biological control. In: Waage, J.K.; Greathead, D.J., eds. Insect parasitoids. 13th Symposium at the Royal Entomological Society of London. London, UK: Academic Press. 389 p.
- Greathead, D.J.; Greathead, A.H. 1992. Biological control of insect pests by insect parasitoids and predators: The BIOCAT database. Biocontrol News and Information. 13: 61-68.
- Hall, R.W.; Ehler, L.E. 1979. Rate of establishment of natural enemies in classical biological control. Bulletin of the Entomological Society of America. 25: 280-282.
- Hall, R.W.; Ehler, L.E.; Bisabri-Ershadi, B. 1980. Rate of success in classical biological control of arthropods. Bulletin of the Entomological Society of America. 26: 111-114.
- Hanel, H.; Watson, J.A.L. 1983. Preliminary field tests on the use of *Metarhizium anisopliae*

- for the control of *Nasutitermes exitiosus* (Hill) (Isoptera: Termitidae). Bulletin of Entomological Research. 73: 305-313.
- Hebert, C.; Cloutier, C.; Regnierre, J. 1989. Factors affecting the flight activity of *Winthemia furniferanae* (Diptera: Tachinidae). Environmental Entomology. 19: 293-302.
- Jalali, S.K.; Singh, S.P. 1989. Release and recovery of an exotic coccinellid predator *Curinus coeruleus* (Huls.) on subabul psyllid, *Heteropsylla cubana* Crawf. in India. Journal of Insect Science. 2: 58-159.
- Milner, R.J. 1992. Selection and characteristics of *Metarhizium anisopliae* for control of soil insects in Australia. In: Lomer, C.J.; Prior, C., eds. Biological control of locusts and grasshoppers. Proceedings of a workshop, International Institute of Tropical Agriculture. Cotonou, Benin: 29 April-1 May 1991. Wallingford, UK: CAB International. 200-207.
- Murphy, S.T.; Chilima, C.J.; Cross, A.E.; Abraham, Y.J.; Kairo, M.T.K.; Allard, G.B.; Day, R.K. 1994. Exotic conifer aphids in Africa: ecology and biological control. In: Leather, S.R.; Watt, A.D.; Mills, N.J.; Walters, K.F.A., eds., Individuals, populations and patterns in ecology. Andover, U.K.: Intercept, 233-242.
- Owuor, A.L. 1991. Exotic conifer aphids in Kenya, their current status and options for management. In: Exotic aphid pests for conifers: a crisis in African forestry. Proceedings of a workshop, Kenya Forestry Research Institute; Muguga, Kenya; 3-6 June 1991. Rome, Italy: Food and Agriculture Organisation of the United Nations. 58-63.
- Pedrosa-Macedo, J.H. 1990. Protection of forests in the tropics: Regional priorities for Latin America. Unpublished report presented at IUFRO's XIX congress. Montreal, Canada: August 1990. 8 p.
- Pschorn-Walcher, H. 1977. Biological control of forest insects. Annual Review of Entomology. 22: 1-22.
- Rao, V.P.; Ghani, M.A.; Sankaran, T.; Mathur, K.C. 1971. A Review of the biological control of insects and other pests in south-east Asia and the Pacific region. Technical Communication No. 6 of the Commonwealth Institute of Biological Control. Slough, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux. 49 p.
- Speight, M.R.; Wainhouse, D. 1989. Ecology and management of forest insects. Oxford, UK: Clarendon Press. 374 p.
- Tribe, G.D. 1992. Neutralisation of the eucalyptus tortoise beetle. Plant Protection News. 29: 5.
- Van Rensburg, N.J. 1992. The black pine aphid: a success story. Plant Protection News. 28: 5-6.
- Vibrans, A. 1991. Zur biologischen bekämpfung der holwespe (*Sirex noctilio* F.) In: Brasilien. Forstarchiv. 62: 97-99.
- Waage, J.K.; Greathead, D.J. 1988. Biological control: Challenges and opportunities. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B. 318: 111-128.
- Waterhouse, D.F.; Norris, K.R. 1987. Biological control: Pacific prospects. Melbourne, Australia: Inkata Press. 454 p.
- Xiao, G., ed. 1991. Forest insects of China. Beijing, China: China Forestry Publishing House. 1362 p.
- Yan, J.; Lui, H. 1992. A review of development of studies on utilising parasites and predators of forest pests in China. Shaami Forest Science and Technology. 2: 24-28.
- Zhang, L.; Sung, S.; Huang, H.; Li, X.; Qui, L. 1989. Biological control of a wood borer in China. IPM Practitioner. XI: 5-7.

Manejo de *Sirex*: silvicultura, monitoramento e controle biológico (uma introdução)

John Madden

Embora o assunto do workshop tenha sido "Treinamento em Controle Biológico de *Sirex noctilio* pelo uso de Parasitóides", referências foram feitas ao papel complementar do nematóide e à necessidade do manejo da cultura pela utilização das práticas silviculturais, nas épocas adequadas. Isto é apropriado para se refletir sobre a utilização de medidas preventivas para o controle de *Sirex*, dentro do contexto da árvore hospedeira e da dinâmica da infestação de *Sirex* e o comportamento dos surtos. Esta discussão estende-se ao aspecto estratégico do manejo de *Sirex*, o qual, na prática, é melhor abordado em contribuições subsequentes.

Um número de hipóteses tem sido destacadas como causa dos surtos de *Sirex*, onde a incidência de déficit hídrico e a ocorrência de árvores suprimidas são considerados fatores naturais, como discutido por Rawlings e Wilson (1949). Estes autores também frisam a importância das práticas silviculturais. Em uma revisão dos maiores surtos ocorridos na Australásia, Madden (1988) verificou que grande parte destes eram caracterizados por problemas no manejo florestal ou por eventos ambientais. Estes eventos precediam aos danos que eram atribuídos a *Sirex*, os quais afetavam negativamente a performance dos plantios. Tais eventos incluíam operações de desbaste e corte durante a estação de vôo de *Sirex*; fogo, no caso do surto em Mt. Gambier e danos causados pelo vento, como verificado em dois locais na Tasmânia.

A capacidade da árvore hospedeira, *Pinus radiata* D. Don, de progressivamente reduzir a atividade do seu sistema fisiológico a níveis metabólicos mínimos em resposta ao aumento do déficit de água do solo (Rocck et al. 1976), sugere que a seca, por si só, não é um fator causal. Esta resposta da árvore à seca progressiva ou à baixa disponibilidade de água, devido à intensa competição em plantios superestocados, é uma adaptação que favorece

a sobrevivência, durante períodos de estresse climático.

Portanto, os efeitos do fogo ou do acúmulo de danos nas árvores, resultante das operações de poda e desbaste durante a estação de vôo de *Sirex*, podem fornecer um material hospedeiro adequado para o desenvolvimento larval da praga. Em adição, a ocorrência de uma alta intensidade de chuva em um curto período de tempo, pode ser suficiente para por fim ao período de estivação, o qual, na ausência de algum mecanismo compensatório imediato, resulta em um estresse fisiológico crítico. Isto faz com que as árvores tornem-se atrativas à praga, sendo adequadas para a inoculação do fungo *Amylostereum*, do muco, para a postura, ocorrendo a consequente morte da árvore. Tais condições são agravadas em plantios sem desbaste e o processo pode ser simulado experimentalmente pela técnica de anelamento, pela aplicação de herbicida, ou pela injeção do muco de *Sirex*, em árvores vivas.

Consequentemente, na presença de grande quantidade de material hospedeiro susceptível, a população de *Sirex* irá crescer e em função do aumento do número de insetos, mesmo que haja alguma resistência latente na árvore, o muco fitotóxico poderá conferir atratividade à árvore dentro e entre estações. Assim, um ataque pode não ser detectado por algum tempo, até que ocorra o momento em que o número de insetos e a susceptibilidade do hospedeiro irão provocar um surto. O surto é limitado, apenas, pela ausência de material hospedeiro susceptível.

O cenário descrito acima não fornecer detalhes. Então o que ele nos diz a respeito do desenvolvimento e utilização de uma estratégia de controle para *Sirex*?

Um plantio de *Pinus* é uma fonte que pode ser localizada e explorada pelas fêmeas de *Sirex*,

originárias, tanto de material infestado, como aquelas que migram de áreas já atacadas. O número sucessivo de gerações de vespas exercem pressão nos plantios. Se este plantio for muito compartimentado, como por exemplo, vários talhões sem desbaste, então o número de insetos produzidos irá aumentar muito, exercendo grande pressão, pela inoculação do muco para atingir mais e mais árvores. Os surtos são apenas limitados pela falta de árvores susceptíveis. Se os plantios forem adequadamente desbastados e podados, então não haverá material susceptível e, tanto a reprodução, como o potencial de inoculação serão restringidos. Árvores-armadilha quando atacadas, são unidades conhecidas de infestação, que podem ser destruídas ou utilizadas para a produção de parasitóides e nematóides. Estes organismos proporcionam uma maior resistência ambiental ao crescimento populacional de *Sirex noctilio*, mantendo a praga em nível sub-econômico de danos. Em conclusão, uma estratégia operacional deverá contemplar os seguintes pontos:

- garantir o crescimento de árvores saudáveis, pela escolha e preparação do sítio, uso de sementes selecionadas e realização, nas épocas adequadas, das operações de poda e desbaste, para obter uma razão altura/diâmetro, de acordo com o ótimo crescimento e forma da árvore
- a atenção a estes aspectos é de fundamental importância para qualquer estratégia visando a maximização do potencial de resistência das árvores, o qual retarda o aumento da população de *Sirex*
- os plantios devem ser sistematicamente monitorados, principalmente após os períodos de ventos fortes, chuvas e outras catástrofes
- estimativas frequentes do crescimento das árvores, como por exemplo, incremento em diâmetro, devem ser realizados, para indicar, a curto prazo, mudanças ambientais, particularmente, chuvas fortes e nível de água disponível no solo. Esta atividade irá fornecer informações

sobre as diferenças entre e dentre sítios e os níveis de infestação/infecção de pragas e doenças, como também, sobre a performance do plantio. Ao mesmo tempo, é possível remover muitos dos fatores que possam desencadear um surto

- árvores-armadilha devem ser estabelecidas, mesmo em situações de uma aparente ausência da praga. Estas árvores devem ser cuidadosamente examinadas, rotineiramente

Ainda existem aspectos a serem entendidos com respeito à definição de dosagens do herbicida requeridos para diferentes tamanhos de árvores e a razão de mortalidade da árvore; e se a morbidez da árvore está relacionada à seca, a qual causará impacto na suscetibilidade da árvore como fonte de alimento para *Sirex*, para os parasitóides e para o nematóide:

- parasitóides e nematóides devem ser estabelecidos e mantidos para suprir a resistência proporcionada pelo manejo silvicultural adequado
- as operações silviculturais nunca devem ser executadas durante a estação de vôo de *Sirex* ou no período imediatamente anterior a este (primavera-verão). Contudo, se estas atividades precisam ser realizadas naquele momento, então todo o material proveniente destas atividades deve ser destruído ou removido e as áreas monitoradas e amostradas, para verificar uma possível invasão de *Sirex*

Referências

- Coutts, M.P. 1969. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*. I. The effects of the symbiotic fungus *Amylostereum* sp. (Thelephoraceae). Australian Journal of Biological Science. 22: 915-924,
- Coutts, M.P. 1969. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*. II. Effects of *S. noctilio* mucus. Australian Journal of Biological Science. 22: 1153-1161.
- Fong, L.K.; Crowden, R.K. 1973. Physiological effects of the mucus from the woodwasp

- Sirex noctilio* on the foliage of *Pinus radiata* D.Don. Australian Journal of Biological Science. 26:365-378.
- Gaut, I.P.C. 1969. Identity of the fungal symbiont of *Sirex noctilio* in Tasmania. Australian Journal of Biological Science. 22:905-915.
- Madden, J.L. 1971. Treatments which render the host tree, *Pinus radiata* D.Don attractive to the woodwasp, *Sirex noctilio* F. Bulletin of Entomological Research. 60 (3): 47-52.
- Madden, J.L. 1975. An analyses of an outbreak of the woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera, Siricidae), in *Pinus radiata*. Bulletin of Entomological Research. 65:491-500,
- Madden, J.L. 1977. Physiological reactions of *Pinus radiata* to attack by woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae). Bulletin of Entomological Research. 67:405-425.
- Madden, J.L. 1988. *Sirex* in Australasia. In: Berryman A.A., ed. Dynamics of forest insect populations: Patterns, causes and management strategies. New York: Plenum Publishing Corp. Ch. 20., pp. 407-429.
- Rawlings, G.B.; Wilson, Nancy M. 1988. *Sirex noctilio* as a beneficial and destructive insect to *Pinus radiata* in New Zealand. New Zealand Journal of Forestry. 6(1):1-11.
- Rook, D.A.; Swanson, R.H.; Cranswick, A.M. 1976. Reaction of radiata pine to drought. In: Proceedings of the Soil and Water Symposium. New Zealand, DSIR: Palmerston North, pp. 55-58.
- Spradbery, J.P. 1973. A comparative study of the phytotoxic effects of siricid woodwasps on conifers. Annual of Applied Biology. 75: 309-320.

Aspectos do controle de *Sirex* e desenvolvimento de estratégias de manejo na Austrália

John Madden

A vespa-da-madeira, *Sirex noctilio* F. causou perdas econômicas significativas em árvores de *Pinus radiata* D. Don na Nova Zelândia e Austrália. Ela foi descoberta em plantios de *P. taeda*, *P. elliottii* e *P. radiata*, no Uruguai (1980) e mais recentemente, na Argentina e Brasil e é uma ameaça para as florestas de *Pinus* do Chile. Ela foi também constatada em plantios de *Pinus* perto de Capetown, na África do Sul, em 1994.

Uma revisão realizada sobre uma situação específica, com relação às perdas econômicas devido ao ataque de *Sirex*, indicou que os surtos são, na maioria das vezes, caracterizados pela falta de atenção a três eventos operacionais básicos, denominados:

- atenção à programação de desbaste
- monitoramento constante da condição do plantio e, uma vez detectada a praga
- a precoce introdução e estabelecimento de inimigos naturais, principalmente o nematóide entomopatogênico e parasitóides

O ataque inicial e a mortalidade de árvores, muitas vezes, ocorrem em plantios não desbastados e abandonados, portanto, a detecção inicial é, muitas vezes, retardada, até que a infestação tenha crescido e se expandido para níveis onde a incidência de árvores mortas seja facilmente detectável e a causa facilmente confirmada. Do mesmo modo, a introdução, a liberação e eficiência de inimigos naturais podem ser limitados, se iniciados quando o nível de infestação ultrapassar a capacidade dos inimigos naturais em aumentar e dispersar. Consequentemente, a mortalidade de árvores pode continuar aumentando até que o número de árvores potencialmente susceptíveis esteja em exaustão e aí é que pode-se dizer que a população está sob controle.

Os seguintes comentários resumem as tentativas utilizadas na Australásia para o controle de *Sirex noctilio* F.

Nova Zelândia

Embora detectada em 1900, a vespa-da-madeira não foi considerada praga até o final da década de 20, em Canterbury. No período 1946 – 1951, quando o potencial destrutivo da praga foi reconhecido, 30% das árvores, em 120,000 ha de *P. radiata* foram destruídas.

Resposta: a primeira introdução do parasitóide *Ibalia leucospoides* (Hochenwald) e de *Rhyssa persuasoria* (Linnaeus), ocorreu durante 1928/29 e 1931, usando os serviços do então, Imperial Institute of Entomology, depois denominado, Commonwealth Institute of Biological Control e agora, International Institute of Entomology.

Resultados: *Rhyssa persuasoria*, enviada como adultos, foi diretamente liberada no campo e estabeleceu-se. Em contraste, *I. leucospoides*, enviada na forma de larva, foi severamente prejudicada durante o transporte da Inglaterra, pelo mar e poucas sobreviveram e puderam ser criadas, sendo que a sua liberação não foi realizada até 1950/51. As liberações iniciais de ambas as espécies foi realizada na área de Canterbury Plains, e as liberações seguintes foram feitas nas florestas Kaingaroa, durante os anos 40. A presença dos parasitóides não afetou o surto da praga, o qual ocorreu em ambos os distritos, predominantemente em talhões sem desbaste. O nematóide de *Sirex* foi descoberto no início dos anos 60.

Austrália: Pittwater, Tasmânia, 1952

Em 1952, *Sirex noctilio* foi detectado em um plantio de *P. radiata* de 1.100 ha, com mortalidade de árvores, nos talhões, variando de 30 a 80%.

Resposta: foram realizadas tentativas de erradicação e quarentena dos produtos de *Pinus* para exportação da Tasmânia, pelas autoridades federais; importação e liberação de *Ibalia leucospoides* e *Rhyssa persuasoria* da Nova Zelândia, pelo Departamento da Agricultura da Tasmânia.

Resultado: a erradicação fracassou porque os galhos da copa, que não foram destruídos, serviram de refúgio para o desenvolvimento das larvas; operações de salvamento baseada na retirada de árvores dominantes, que danificavam as árvores dominadas, tornando-as ideais para hospedar os adultos de *Sirex* que emergiam. As indústrias de *Pinus*, locais, foram prejudicadas pelas restrições quarentenárias, por nove anos.

Austrália: Península de Mornington, Vitória, 1961/62

S. noctilio foi descoberto em árvores de *P. radiata* quebradas pelo vento.

Resposta: a formação imediata do Comitê Nacional de *Sirex* pelo Governo Federal, foi seguida pela implementação de parte de duas estratégias: 1) busca e destruição, em Vitória e; 2) pesquisa na Tasmânia. A pesquisa foi dirigida pelo CSIRO, Divisão de Entomologia, Forest Research Institute (agora CSIRO, Divisão Florestal) e o Waite Agricultural Research Institute da University de Adelaide. Os projetos de pesquisa desenvolvidos foram:

- CSIRO - Controle biológico; biologia e comportamento de *Sirex* e de seus inimigos naturais
- FRI - Silvicultura, melhoramento genético e resistência
- Waite - Taxonomia de fungos e controle químico

Resultados: a estratégia de “procura e destruição” foi conduzida em Vitória de 1962 a 1974. As atividades iniciais foram baseadas no alto nível de ignorância a respeito do problema inseto/árvore hospedeira. Cortes indiscriminados e destruição de árvores não hospedeiras, foi seguida de indignação pública. *Sirex* continuou se expandindo. Foi

reconhecida a necessidade da adoção de uma estratégia de controle biológico, no início de 1972, com a definição de métodos para criação massal de parasitóides e do nematóide, já estabelecidos em Keith Turnbull Research Laboratory em Frankston, Vitória. A demanda pelo biocontrole foi intensificada, pelo surto ocorrido em Delatite, em 1979 e pela descoberta da praga em South Austrália e New South Wales, em 1980 e 1981, respectivamente.

Na década de 70, um considerável número de importantes resultados foram atingidos, incluindo a identidade do fungo simbiote; os fatores que influenciam a atratividade e suscetibilidade de árvores hospedeiras; biologia básica; comportamento e ecologia de *Sirex*; descrição de parasitóides chaves e a identidade e especificidade do nematóide. Foi realizada a avaliação do impacto dos parasitóides e do nematóide sobre a população de *Sirex*, no campo, a liberação de parasitóides, a instalação de árvores-armadilha em florestas de Vitória e realizada a criação massal do nematóide.

Em 1977 o “National *Sirex* Committee” foi dissolvido e no seu lugar foi criado o “Pests and Diseases Committee of the Australian Forestry Council”. Pesquisas convencionais concluídas em 1978 com monitoramento e projetos locais, foram conduzidos e financiados exclusivamente por agências estatais. Por exemplo, a tentativa para controlar o surto em Delatite, Vitória, em 1979, foi direcionada para aumentar a efetividade dos agentes de controle biológico; nematóides foram introduzidos em plantações em Dartmoor, Western Districts, Vitória.

Austrália: Mt. Gambier e distritos adjacentes em South Austrália, 1980-1991

Em 1980, *Sirex* foi detectado em um grande plantio de *Pinus* em Mt. Gambier, South Austrália e parasitóides foram introduzidos em pequenas áreas infestadas entre 1980 e 1984.

Resposta: árvores-armadilha atacadas e inoculadas com nematóide em 1985. Em 1986 *Sirex* foi detectada em todas as áreas adjacentes a sudeste de South Austrália e sudoeste de Vitória e espalhou-se em grande número, em

plantios sem desbaste com idade superior a 10 anos.

Resultados: apesar da introdução de parasitóides e do nematóide, uma estimativa de 1,8 milhões de árvores morreram, por ano, no “Triângulo Verde” entre 1987 e 1988. Em 1989 *Sirex* tinha se espalhado para florestas adjacentes da capital do Estado, Adelaide. O custo das tentativas de controle de *Sirex* foram de A\$ 1,3 milhões, em 1987, para mais que A\$100,000 em 1989. As perdas, apenas em royalties, durante dois anos, foi da ordem de A\$ 5 a 10 milhões.

Os danos em South Austrália foram devido à pequena eficiência do monitoramento, interpretação e quantificação aérea e pela falta de inspeções terrestres. Em adição, a efetividade do nematóide havia declinado na criação massal, em função da redução na qualidade do substrato que alimento o fungo. Em alguns casos, o parasitismo pelo nematóide baixou de mais de 90%, para menos de 40%. Como consequência disto, o “National *Sirex* Coordination Committee” foi convocado pelo “Australian Forestry Council” para apontar as inadequações encontradas nas tentativas prévias para o controle de *Sirex*, através do desenvolvimento de uma estratégia nacional, que foi assunto de uma revisão anual. A estratégia foi apresentada para desenvolvimento pelo setor florestal durante o inverno de 1990. Os elementos principais da estratégia estão parafraseadas no final deste documento e encontram-se detalhados no documento seguinte:

Haugen, D.A.; Bedding, R. A.; Underdown, M.G.; Neumann, F.G. 1990. National Strategy for Control of *Sirex* in Australia. Australian Forest Grower 13(2): 8pp. (liftout).

Em resumo, a maioria dos surtos de *Sirex*, na Australásia, tem ocorrido em plantios não desbastados e superestocados (mais de 1.600 a 1.700 plantas/ha), com idade entre 15 e 20 anos, como consequência de um manejo inadequado ou da falta de mercado para a madeira. Em adição, existe a necessidade de um rigoroso monitoramento das florestas sadias e sua relação com os fatores climáticos tem levado, muitas vezes, ao atraso na

implementação das tentativas de controle. Em quase todas as situações, a introdução de agentes de controle biológico não ocorreu até que tenha havia perdas econômicas. Abaixo estão sumarizados os elementos essenciais de uma estratégia geral de manejo de *Sirex*, sendo que, detalhes desta estratégia e sua aplicação, na Austrália, pode ser encontrado em Haugen et al. (1987).

Elementos principais para uma estratégia de controle de *Sirex*

Primeiramente, para detecção precoce, alguns procedimentos de sanidade florestal deverão ser adotados, por exemplo: quarentena, desbastes apropriados e treinamento de pessoal operacional. Caso *Sirex* esteja presente em locais adjacentes, árvores-armadilha devem ser instaladas, de 3 a 4 semanas antes do período de ocorrência dos insetos adultos, no campo.

Após a detecção da praga, os seguintes procedimentos devem ser adotados:

- monitorar e mapear as árvores mortas
- priorizar os programas de desbaste
- intensificar o estabelecimento de árvores-armadilha
- liberar parasitóides (coletados em campo ou criados em laboratório), em áreas com ataque de *Sirex*
- incrementar a produção do nematóide, para posterior inoculação em campo, tanto em árvores-armadilha como em outras árvores atacadas
- confirmar o estabelecimento dos parasitóides e determinar a eficiência dos agentes de biocontrole existentes

Procedimentos correntes quando da presença de *Sirex* na área:

- monitorar a atividade de *Sirex* em plantios, através da instalação e inspeção de árvores-armadilha
- avaliar o status dos parasitóides e do nematóide
- incrementar os níveis de parasitismo existentes, pela criação e liberação dos agentes de controle biológico
- rever os procedimentos de criação, tanto do fungo, *Amylostereum areolatum*, como do nematóide *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola*, avaliando a performance desse último agente, em intervalos regulares

Taylor, K. L. 1981. The *Sirex* woodwasp: Ecology and control of an introduced forest insect. In: Kitching, R.L.; Jones, R.E., eds. The Ecology of Pests: Some Australian case histories. 231-248.

Zondag, R. Control of *Sirex noctilio* with *Deladenus siricidicola* Bedding. New Zealand Journal of Forest Science. 1: 5-14.

Referências

Bedding, R. A.; Akhurst, R. J. 1974. Use of the nematode *Deladenus siricidicola* in the biological control of *Sirex noctilio* in Australia. Journal of the Australian Entomological Society. 13:129-135.

Haugen, D. A. 1990. Control procedures for *Sirex noctilio* in the Green Triangle: Review from detection to severe outbreak (1977-1987). Australian Forestry. 53 (1): 24-32.

Haugen, D. A. ; Underdown, M.G. 1990. *Sirex noctilio* control program in response to the 1987 Green Triangle Outbreak. Australian Forestry. 53 (1): 33-40.

Haugen, D. A.; Bedding, R. A.; Underdown, M. G.; Neumann, F. G. 1990. National strategy for control of *Sirex noctilio* in Australia. In: Borough, C. ed. Australian Forest Grower 13(2), 8 p. (Special liftout).

Neumann, F. G., Morey, J. L.; McKimm, R. J. 1987. The *Sirex* wasp in Victoria. Bull. N°. 29. Melbourne: Department of Conservation, Forests and Lands. 41 p.

Madden, J. L. 1975. An analysis of an outbreak of the woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae), in *Pinus radiata*. Bulletin of Entomological Research. 65: 491-500.

Aspectos práticos do controle de *Sirex*

John Madden

Os esforços para o controle de *Sirex noctilio* serão atingidos apenas, se todos os gerentes florestais prestarem atenção aos seguintes aspectos chaves: silvicultura, monitoramento de sobrevivência de árvores e a introdução, liberação e avaliação de agentes de controle biológico.

O estabelecimento de um plantio deve ser baseado no uso de mudas sadias de cultivares apropriados, apresentando de média a alta qualidade, sítios férteis, onde é assegurado um bom potencial de crescimento. Contudo, no projeto do plantio original deve também ser incluído um programa para o uso de práticas culturais, como: uso de fertilizantes, controle de ervas daninhas e uma programação para a realização de podas e desbastes, etc. A decisão para podar ou realizar desbaste, precisa estar baseada, inicialmente, na maximização do crescimento futuro e rendimento, não devendo ser postergada unicamente com base na conveniência do mercado. Consequentemente, os gerentes florestais precisam esforçar-se para convencer a cúpula da empresa sobre o potencial de risco e sobre as perdas financeiras que poderão ocorrer, eventualmente, se os tratamentos silviculturais não forem realizados, propiciando a existência de plantios densos.

Em segundo lugar, todo o pessoal operacional precisa estar conscientizado da importância da detecção precoce de *Sirex* e de outras pragas e doenças. A detecção precoce pode ser obtida, apenas, pela adoção de um sistema eficiente de monitoramento. Por exemplo, os plantios podem ser divididos em um número de zonas, com base nas facilidades para a realização de inspeções sistemáticas e registro. Convenientemente dimensionados, os blocos para avaliação, contendo um número mínimo de 100 árvores, devem ser estabelecidos em uma intensidade de 4 a 5 blocos para cada 100 ha.

Seguindo a detecção de *Sirex*, uma rede de 5 a 10 árvores-armadilha deve ser estabelecida, dentro de cada bloco de inspeção e em todas as

zonas definidas, para informar o foco potencial de ataque de *Sirex*, para locais conhecidos.

Após a constatação do ataque de *Sirex*, as árvores-armadilha e outras árvores próximas infestadas, devem ser utilizadas para a inoculação do nematóide, *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola* e também, como um local para liberação de parasitóides. Toda a detecção deve ser seguida por uma inspeção de todas as árvores dentro e entre cada local, para obter uma apreciação da incidência do ataque e mortalidade das árvores.

É muito importante que, tanto o nematóide como os parasitóides, sejam introduzidos logo após a primeira detecção de *Sirex*, para reforçar algum controle natural já existente, tal como, o aumento do vigor das árvores após o desbaste ou os efeitos predatórios de algum inseto ou ave, nativos. A introdução precoce de inimigos naturais é essencial para suprimir e conter o aumento e dispersão de *Sirex*.

Na próxima sessão é resumida a metodologia para a instalação de árvores-armadilha e para a avaliação do controle biológico.

Importância das árvores-armadilha

Benefícios:

- detecção precoce em talhões atacados
- meio para introdução de agentes de controle biológico
- permite avaliação adequada
- facilidade de localização

Localização:

- em talhões com mais de 10 anos não desbastados ou danificados, deve-se usar de 5-9 grupos de árvores, 4-5 parcelas/

100ha, mais isto irá variar de acordo com os objetivos específicos

Método:

- escolher árvores com 15 a 20 cm de DAP, onde devem ser retirados todos galhos, até uma altura conveniente e retirada uma faixa da casca, atingindo o floema, com 2 cm de largura. Tais árvores tornam-se atrativas a *Sirex*, 10 a 12 dias após o seu estabelecimento poderá permanecer atrativa por semanas
- similarmente, pode ser injetado um herbicida, tal como, "dicamba" ou "triclopyr", na dosagem de 2 cc/10 cm de circunferência, assegurando-se que os orifícios sejam realizados tangencialmente, para maximizar o contato com o alburno. Estas árvores são melhor estabelecidas de 6 a 8 semanas antes do período de emergência dos adultos. Como por este método a árvore é morta, o período de atratividade é menos variável que o método do anelamento

Avaliação de agentes de biocontrole de *Sirex*

Objetivos:

- determinar a distribuição e abundância dos agentes de biocontrole em diferentes talhões e localidades

Localização:

- preferencialmente em áreas onde foi realizada a liberação de parasitóides e nematóides, para determinar o sucesso do estabelecimento
- áreas adjacentes às áreas onde foram liberadas amostras de inimigos naturais, para avaliar a dinâmica de dispersão dos parasitóides e de fêmeas de *Sirex* infectadas pelo nematóide

Metodologia para o nematóide:

- pedaços de madeira (5,0 X 5,0 X 2,0), com e sem lesões de postura, devem ser

removidos com um formão ou machadinha e colocados, individualmente, em recipientes plásticos com ar comprimido e estocados em local fresco. No laboratório, deve-se remover a casca dos pedaços de madeira e coloca-los em uma placa de Petri, contendo água limpa, com a superfície cortada imersa em água

- deixar os pedaços de madeira imersos em água de 24 a 48 horas; posteriormente, decantar a água para 10 a 15 cc e examinar os nematóides, em lupa, com um aumento de 40 X
- examinar a face posterior ventral de larvas maduras, sob lupa, para verificar as cicatrizes deixadas pelas fêmeas infectivas do nematóide, durante a sua penetração
- dissecar adultos (machos e fêmeas) de *Sirex*, para examinar os testículos e ovários, respectivamente

Metodologia para os parasitóides:

- gaiolas teladas (malha de 0,2 cm) para colocar árvores atacadas
- toretes atacados são colocados nas gaiolas, após a aplicação de mastic, nas extremidades, para manter os níveis originais de umidade
- Toretos menores podem também ser colocados em tambores de 200l, dispostos horizontalmente e cobertos com sombrite, preso lateralmente com uma tira de borracha. Pode ser feito, também, uma abertura central, em forma de fenda, no sombrite, que poderá ser fechada com velcro ou zíper

Obs.: deve-se garantir que os toretes não entrem em contato direto com o solo e que os tambores tenham inclinação suficiente, para prevenir o acúmulo de água e também, que todos os tambores sejam examinados frequentemente, para verificar a presença de aranhas ou outro fator limitante.

Referências

- Anonymous. 1991. Operation worksheets.
National *Sirex* Coordination Committee
1991. 20 p.
- Haugen, D. A.; Bedding, R. A.; Underdown, M.
G.; Neumann, F. G. 1990. National strategy
for control of *Sirex noctilio* in Australia. In:
Borough, C., ed. Australian Forest Grower,
13 (2) 1990. 8 p. (Special liftout).
- Madden, J. L. 1971. Treatments which render
the host tree *Pinus radiata* D. Don attractive
to the woodwasp, *Sirex noctilio* F. Bulletin of
Entomological Research. 60(3): 47-52.
- Madden, J. L. ; Irvine, C.J. 1971. The use of lure
trees for the detection of *Sirex noctilio* in the
field. Australian Forestry. 35 (33): 163-165.
- Neumann, F. G.; Harris, J. A.; Kassaby, F. Y.;
Minko, G. 1982. An improved technique for
early detection and control of the *Sirex* wasp
in radiata pine plantations. Australian
Forestry. 45:117-124.
- Neumann, F. G.; Morey, J. L. 1984. Influence of
natural enemies on the *Sirex* woodwasp in
herbicide-treated trap trees of radiata pine in
northeastern Victoria. Australian Forestry
47: 218-224.
- Neumann, F. G.; Morey, J. L.; McKimm, R.J.
1987. The *Sirex* wasp in Victoria. Bull.Nº. 29
Melbourne: Department Conservation,
Forests and Lands. 41 p.
- Taylor, K. L. 1978. Evaluation of insect parasi-
toids of *Sirex noctilio* (Hymenoptera:
Siricidae) in Tasmania. Oecologia. 32: 1-10.
- Taylor, K. L. 1980. Studies with *Sirex noctilio*
(Hymenoptera: Siricidae) and its parasites
that illustrate the importance of evaluating
biological control attempts. Oecologia
Applications. 1(2): 181-187.
- The *Sirex* wasp in Victoria. Bull.Nº.29 Depart-
ment Conservation, Forests and Lands,
Melbourne. 1987. 41p.

Cultura de siricídeos e de parasitóides

John Madden

Em qualquer situação de ataque de *Sirex*, onde o uso dos agentes de controle biológico é implementado, deve-se considerar, primeiramente, a criação de parasitóides e, uma vez que esta tenha sucesso, a sua multiplicação contínua deverá ser feita, para fornecer número suficiente de indivíduos para liberação em campo.

O parágrafo seguinte descreve os aspectos essenciais que devem ser considerados para garantir a produção de um número de insetos sadios e de bom tamanho. Métodos para a propagação do nematóide *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola* e do fungo *Amylostereum areolatum* são descritos por Bedding e Akhurst (1974) e Neumann et al. (1987).

Cultura de parasitóides: *Rhyssa persuasoria*, *Megarhyssa nortoni* e *Ibalia* *leucospoides*

Objetivos:

- criação de parasitóides para a posterior liberação em campo

Requisitos chave

- conhecer a ocorrência de diferentes espécies de parasitóides, permitindo a coleta de material suficiente para as culturas de laboratório
- manter um estoque de adultos de parasitóides, fornecendo uma dieta a base de carboidratos e também água fresca. Isto é essencial
- fornecer toretes de *Pinus* adequados, contendo, ou ovos ou larvas em estágios iniciais de desenvolvimento, para *Ibalia* e

larvas em últimos estágios, para os rissines

- o teor de umidade dos toretes deve favorecer o desenvolvimento normal de *Sirex* e propiciar o máximo de sobrevivência das larvas e pupas do parasitóide

Este último requisito é melhor obtido para *Ibalia*, pela utilização de material hospedeiro obtido em condições naturais, por exemplo, infestação natural de árvores derrubadas e o uso de gaiolas em árvores, tanto em árvores naturalmente atacadas, como em árvores-armadilha.

- proteção dos adultos dos parasitóides da exposição excessiva a extremos de temperatura
- ausência de predadores, principalmente aranhas

Cultura de *Sirex noctilio* F.

O método mais prático e econômico para a criação de *Sirex*, em laboratório, é com a utilização de material infestado proveniente do campo. Contudo, se a criação em laboratório é necessária, então os seguintes pontos devem ser considerados:

- é importantíssimo que o teor de umidade do material hospedeiro, recém-cortado, seja baixo, para garantir condições adequadas para o crescimento do fungo simbiote *Amylostereum areolatum* Fries, (Boidin) e para a sobrevivência e desenvolvimento das larvas de *Sirex*
- as condições adequadas são melhor obtidas pelo corte e manutenção da folhagem das árvores o maior tempo possível, para facilitar a seca uniforme da planta. O que espera-se é que o teor de umidade baixe de um valor inicial de

160% (baseado no peso seco) para 80 a 90%, até a mudança de coloração das acículas

- os galhos são então removidos e a árvore cortada em toretes de um tamanho adequado (ex. 2,0 m)
- todas as extremidades, inclusive onde foram cortados os galhos, devem ser tratadas com parafina, cera ou outro tipo de impermeabilizante, o qual previne a presença do fungo (*Ceratocystis* spp.) e minimiza a excessiva perda de umidade pelas extremidades
- o teor de umidade de cada torete é determinado pela remoção de um disco de 3 a 5 cm. Cada disco e cada torete é etiquetado e o disco deve ser transferido para sacos plásticos, o qual é fechado e deixado em um local frio (geladeira), até que o peso fresco seja medido. Devem ser tomadas de 3 a 4 amostras por disco, usando um formão afiado. Deve-se obter o peso fresco de sub-amostras da casca (floema) e da parte interna e externa do xilema. As sub-amostras são então secas em estufa a 100° C, por 3 dias, posteriormente pesadas e o teor de umidade calculado pelo uso da seguinte fórmula: $[(\text{peso fresco} / \text{peso seco} - 1) \times 100\%]$

A umidade média de um torete é a média dos valores obtidos de cada extremidade do mesmo. A umidade obtida em um disco, pode ser utilizada para se conhecer a umidade inferior e superior das extremidades dos toretes adjacentes:

- toretes assim preparados são então transferidos para gaiolas teladas, tendo-se o cuidado para que a extremidade não fique em contato com o solo
- as salas de criação devem ser à prova de roedores, devendo-se examinar, regularmente, e retirar aranhas e suas teias
- a criação é iniciada pela adição de machos e fêmeas de *Sirex* dentro das gaiolas, usando de 3 a 4 fêmeas por torete. Os

insetos usados devem ser examinados, individualmente, antes da sua liberação, para garantir que estejam isentos de ectoparasitas, como por exemplo, ácaros da família Mesostigmatae

- os toretes devem ser examinados após 3 a 4 dias e aqueles toretes com um grande número de orifícios de postura, devem ser removidos e trocados por um novo torete
- o número de machos e fêmeas deve ser mantido pela reposição daqueles mortos ou danificados
- deve-se monitorar a atividade dos insetos, diariamente
- manter um registro da criação
- o design do insetário deve garantir que as salas não sofram super-aquecimento, sendo bem ventiladas e os toretes não podem estar expostos à luz solar direta. A aceleração do desenvolvimento dos insetos e/ ou, a excessiva perda de umidade, resultará em insetos pequenos. Em contraste, se o teor de umidade é muito alto o movimento gravitacional da água dentro do torete ocorrerá. Isto resulta em gradiente abrupto entre a seção superior, mais seca e a inferior, mais úmida e a baixa sobrevivência e tamanho dos insetos. Esta situação poderá, em parte, ser superada, pela inversão periódica dos toretes, para minimizar o movimento gravitacional da água

Culturas de campo de *Sirex* podem ser obtidas pelo uso de árvores atacadas, com altura moderada (2 a 3 m) e utilizando fêmeas com a ponta das asas removidas para restringir o voo. Restos de folhagens e escombros sob a planta devem ser removidas até a projeção da copa da árvore e uma barreira circular de 20 cm de altura feita de folha de alumínio calha estabelecida, sendo enterrada no solo a 8 a 10 cm da árvore, circulando árvores individuais. Esta barreira mantém na árvore os insetos que caírem.

Em áreas onde ocorre tanto *Sirex* como *Ibalia*, árvores devem ser monitoradas, próximas à

época de ocorrência de adultos e toretes devem ser preparados e transferidos para gaiolas no campo. Se isto é feito de 10 a 14 dias após o ataque inicial, o parasitismo por *Ibalia* pode ser minimizado. Uma exposição longa irá resultar na presença de *Ibalia* spp.

Referências

- Bedding, R.A.; Akhust, R.J. 1928. Use of the nematode *Deladenus siricidicola* in the biological control of *Sirex noctilio* in Australia. Journal of Australian Entomological Society. 13:129-135.
- Chrystal, R.N. 1928. The *Sirex* woodwasps and their importance to forestry. Bulletin of Entomological Research. 25: 219-249, .
- Coutts, M.P. 1969. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*. I: The effects of the symbiotic fungus *Amylostereum* sp. (Thelophoraceae). Australian Journal of Biological Science. 22: 915-924.
- Coutts, M.P. 1969. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*. II: Effects of *S. noctilio* mucus. Australian Journal of Biological Science. 22:1153-1161.
- Fong, L.K.; Crowden, R.K. 1973. Physiological effects of mucus from the woodwasp *Sirex noctilio* on the foliage of *Pinus radiata* D.Don. Australian Journal of Biological Science. 26: 365-37.
- Gaut, I.P.C. 1969. Identity of the fungal symbiont of *Sirex noctilio* in Tasmania. Australian Journal of Biological Science. 22: 905-915.
- Hocking, H. 1967. A native ichneumonid, *Certonotus tasmaniensis* Turn. parasitising *Sirex noctilio* F. (Siricidae) in Tasmania. Journal of the Australian Entomological Society. 6: 57-60.
- Kirk, A. A. 1974. Siricid woodwasps and their associated parasitoids in the southeastern United States (Hymenoptera: Siricidae). Journal of Georgia Entomology. (3):139-144.
- Neumann, F.G.; Morey, J.L.; McKimm, R.J. 1987. The *Sirex* wasp in Victoria. Bull. N°.29. Melbourne, Australia: Department Conservation, Forests and Lands. 41 p.
- Nuttall, M.J. 1972. Culture, liberation and establishment of *Ibalia leucospoides* in New Zealand. Report n°. 31. New Zealand Forest Service, Forest Research Institute, Forest. Entomology. 9 p. (Unpublished report).
- Nuttall, M.J. 1989. *Sirex noctilio* F., *Sirex* wood wasp (Hymenoptera: Siricidae). In: Cameron, P.J.; Hill, R.L.; Bain, J.; Thomas, W.P., eds. A Review of Biological Control of Pests and Weeds in New Zealand 1874-1987. Technical Communication N°. 10. Wallingford, U.K.: CAB International and DSIR. Chapter 52: 299-300.
- Spradbery, J.P. 1968. A technique for artificially culturing ichneumonid parasites of woodwasps (Hymenoptera: Siricidae). Entomological Experimentation e Application. 11: 257-600.
- Spradbery, J.P. 1970. The biology of *Ibalia drewseni* Borries (Hymenoptera: Ibalidae): A parasite of siricid woodwasps. Proceedings of the Royal Entomological Society of London. (A) 45 (7-9):104 -113.
- Taylor, K.L. 1967. The introduction, culture, liberation and recovery of parasites of *Sirex noctilio* in Tasmania 1962-1967. Tech. Paper N°.8. Australia: Division of Entomology CSIRO. 19 p.
- Taylor, K.L. 1967. Parasitism of *Sirex noctilio* F. by *Schlettererius cinctipes* (Cresson) (Hymenoptera: Stephanidae). Journal of Australian Entomological Society. 6:13-19.
- Wickman, B. E. 1964. Observations on oviposition habits of *Sirex longicauda* and *Urocerus californicus* (Hymenoptera: Siricidae). The Pan-Pacific Entomologist. 40:259-261.
- Wickman, B. E. 1969. Observations on the siricid parasite, *Ibalia ensiger* (Hymenoptera: Ibalidae). The Pan-Pacific Entomologist. 40 (1): 19-20.
- Zondag, R. 1969. A nematode infection of *Sirex noctilio* in New Zealand. New Zealand Journal of Science. 12:732-747.

Populações de parasitóides indíginos de siricídeos e principais agentes de controle biológico de *Sirex noctilio* na Austrália: uma revisão

Sean T. Murphy

Introdução

A vespa-da-madeira, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae), nativa do sudeste da Europa, Norte da África e partes meridionais do Oriente Médio, surgiu pela primeira vez, como uma praga exótica, nos plantios de *Pinus* na Austrália, no início do século (Nuttall 1989). Desde então, a sua dispersão tem aumentado. A vespa-da-madeira foi registrada na América do Sul, inicialmente no Uruguai, em 1980 e daí espalhou-se para a Argentina (1985) e Brasil (1988) (Ciesla 1993); ela também foi registrada na África do Sul, entrando na cidade do Cabo, em 1994 (Tribe 1994).

Logo depois da vespa-da-madeira ter invadido a Austrália, um projeto de controle biológico clássico foi conduzido na Nova Zelândia e Austrália. Uma das mais importantes propostas deste projeto foi o desenvolvimento de estudos sobre seleção de hospedeiros ou gêneros específicos de parasitóides, da área de origem da vespa-da-madeira. Em adição a isto, foram também conduzidos estudos com vespas-da-madeira que atacam outras espécies de *Pinus*, em outros continentes, para estabelecer uma grande gama de agentes potenciais para uso no controle da praga. Portanto, o estudo não restringiu-se apenas a parasitóides muito específicos, que são os melhores agentes de controle.

Em função do perigo da introdução da vespa-da-madeira no Brasil, Uruguai e também agora, na África do Sul, programas de controle biológico clássicos foram iniciados nestes países para restringir a dispersão da praga e reduzir a sua ação daninha. Aqui serão resumidos os resultados de projetos com inimigos naturais conduzidos na Austrália; a

avaliação inicial das espécies de inimigos naturais de *Sirex noctilio* e daquelas espécies definidas como bons agentes de controle biológico, após a sua liberação. A maioria destas informações podem ser encontradas em Taylor (1976).

Parasitóides de siricídeos (comunidades)

Em seu ambiente nativo, as vespas-da-madeira não são consideradas uma praga importante. Contudo, quando esta praga invadiu a Austrália, na virada do século, pouco era conhecido sobre a ecologia das espécies ou de espécies relacionadas. Igualmente, pouco era conhecido sobre os inimigos naturais associados com estes insetos (Berryman 1986).

Nova Zelândia foi o primeiro local a obter os parasitóides e entre 1928 e 1952, duas espécies, *Rhyssa persuasoria persuasoria* (L.) (Ichneumonidae) e *Ibalia leucospoides leucospoides* (Hochenwarth) (Ibaliidae) foram coletadas em *Sirex noctilio*, pelo Centre for Agriculture and Bioscience (CABI-Bioscience, antigamente conhecido por IIBC, antigamente conhecido por CIBC), em UK e enviadas para o Forest Research Institute, na Nova Zelândia (Nuttall 1989).

Após a constatação da vespa-da-madeira no Estado de Vitória, em 1961, um programa de pesquisa foi iniciado em 1962, para coletar e estabelecer inimigos naturais exóticos adicionais. A coleta de inimigos naturais na Europa, Turquia e Norte da África foi realizada pela Divisão de Entomologia do CSIRO. A unidade de Controle Biológico de *Sirex* foi estabelecida em Silwood Park, Berkshire, U.K.,

para estudo e quarentena das vespas e seus inimigos naturais (Taylor 1976). As coletas em outros locais foram, em sua maioria, realizadas pelo CSIRO e CABI-Bioscience, as quais incluem: região do Himalaia, Índia, Paquistão, Estados Unidos (Califórnia, Nevada e sudeste), Canadá (New Brunswick) e Japão. Todos os siricídeos e seus inimigos naturais foram também enviados para o laboratório do CSIRO em Silwood Park para estudos e para envio à Austrália. Para o recebimento dos parasitóides, foi criada uma unidade no aeroporto de Hobart, na Tasmânia, onde os insetos foram criados e enviados para as áreas atacadas na Austrália; material para Nova Zelândia foi enviado diretamente de Silwood Park, Tasmânia ou do CABI-Bioscience. As buscas de inimigos naturais no Hemisfério Norte encerraram em 1972.

Como mencionado inicialmente, o principal ponto nos estudos realizados no Hemisfério Norte foi a coleta de todas as espécies de inimigos naturais (incluindo diferentes populações de algumas espécies) associadas com siricídeos em coníferas, em diferentes climas (Taylor 1976); atenção particular foi dada para o clima do tipo mediterrâneo (Kirk 1974).

Os resultados dos estudos encontram-se na Tabela 1, onde são listadas as espécies componentes das comunidades de cada região. É provável que o número de espécies listadas para cada local/região esteja em função da intensidade da amostragem e tamanho da região amostrada. As mais comuns e importantes espécies, em toda a comunidade, são os ibalídeos (Hymenoptera: Ibalidae), os quais atacam ovos e estágios larvais iniciais de desenvolvimento e os ichneumonídeos, ectoparasitas, *Rhyssa* spp. e *Megarhyssa* spp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), os quais atacam larvas maiores. Estes dois grupos de

Table 1. Comunidade de parasitóides de siricídeos (modificado de Taylor, 1976)

Local/Região	Espécies
Sudoeste U.S.A.	<i>Ibalia leucospoides ensiger</i> <i>Ibalia montana</i> <i>Ibalia ruficollis</i> <i>Ibalia rufipes rufipes</i> <i>Megarhyssa nortoni nortoni</i> <i>Rhyssa alaskensis</i> <i>Rhyssa hoferi</i> <i>Rhyssa persuasoria persuasoria</i> <i>Schlettererius cinctipes</i>
Sudeste U.S.A.	<i>Ibalia leucospoides ensiger</i> <i>Megischus</i> sp. <i>Pristaulacus ater</i> <i>Rhyssa howdenorum</i> <i>Rhyssa persuasoria persuasoria</i> <i>Rhyssa lineolata</i>
Leste do Canadá	<i>Ibalia leucospoides ensiger</i> <i>Ibalia rufipes rufipes</i> <i>Megarhyssa nortoni quebecensis</i> <i>Rhyssa crevieri</i> <i>Rhyssa lineolata</i> <i>Rhyssa persuasoria persuasoria</i>
Oeste do Canadá	<i>Megarhyssa nortoni nortoni</i>
Europa e Turquia	<i>Ibalia leucospoides leucospoides</i> <i>Ibalia rufipes drewseni</i> <i>Megarhyssa emarginatoria</i> <i>Odontocolon geniculatus</i> <i>Rhyssa amoena</i> <i>Rhyssa persuasoria persuasoria</i>
Marrocos	<i>Ibalia leucospoides leucospoides</i> <i>Rhyssa persuasoria persuasoria</i>
Índia	<i>Rhyssa persuasoria himalayensis</i>
Japão	<i>Ibalia aprilina</i> <i>Ibalia leucospoides leucospoides</i> <i>Megarhyssa praecellens</i> <i>Rhyssa jozana</i> <i>Rhyssa persuasoria persuasoria</i>

parasitóides se complementam porque atacam diferentes estágios de desenvolvimento do hospedeiro. Pode-se verificar que *Ibalia ensinger* Norton, é considerada uma subespécie de *I. leucospoides* Hochenw. e *I. drewseni* Borries uma sub-espécie de *I. rufipes* Cresson (Kerrich 1975). Finalmente, é provavelmente certo que *Megischus* sp. (Hymenoptera: Stephanidae) e *Pristaulacus ater* (Westwood) (Hymenoptera: Aulacidae) não parasitam siricídeos.

A comunidade de parasitóides de siricídeos na Europa, Turquia e América do Norte, foram bem estudadas (Spradbery e Kirk 1978). Os siricídeos hospedeiros e seus parasitóides associados são apresentados na Tabela 2 (modificado por Spradbery e Kirk 1978). A maioria destes siricídeos atacam espécies de *Pinus*, *Picea*, *Larix*, *Cedrus* e *Abies*. Pode ser visto na Tabela 2, que a maioria dos parasitóides registrados são polípagos, mas nem todos parasitam *Sirex noctilio*.

Tabela 2. Espécies de hospedeiros de siricídeos e seus parasitóides (modificado de Spradbery and Kirk, 1978)								
Espécies hospedeiras								
Espécies	<i>Sirex noctilio</i>	<i>S. cyaneus</i>	<i>S. juvencus</i>	<i>Urocerus gigas</i>	<i>U. augur</i>	<i>U. sah</i>	<i>U. fantoma</i>	<i>Xeris spectrum</i>
<i>R. persuasoria</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>R. amoena</i>	0	+	+	+	+	0	0	+
<i>M. emarginatoria</i>	0	+	+	+	+	0	0	+
<i>I.I. leucospoides</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>I.r. drewseni</i>	+	+	+	+	+	0	0	+
<i>O. geniculatum</i>	+	+	+	+	+	0	0	

A ação dos parasitóides sobre seus hospedeiros ocorre como segue: *Ibalia leucospoides* emerge no verão e outono para atacar as larvas de *Sirex* que eclodem logo após a postura. Contudo, *Ibalia rufipes drewseni* emerge no final da primavera para atacar larvas de *Sirex*, em árvores onde a eclosão tenha atrasado (Spradbery 1970). Todos os outros parasitóides atacam estágios mais avançados de desenvolvimento de *Sirex*. Estas espécies possuem um longo ovipositor o qual é inserido através da madeira, para encontrar o hospedeiro.

Dentro da comunidade de parasitóides, as espécies coexistem por explorar diferentes estágios dos hospedeiros ou por apresentar um padrão de distribuição de ataque temporal. Todas as espécies são amplamente distribuídas por toda a região onde seus hospedeiros ocorrem e algumas espécies (ex. *Rhyssa persuasoria persuasoria*) apresentam também uma distribuição mais ampla que seus hospedeiros.

Com base na estrutura da comunidade de parasitóides de siricídeos encontrados na Europa e em outras partes, optou-se pela

tentativa de estabelecer parasitóides que atacavam hospedeiros ou gêneros de instares iniciais ou finais.

Avaliação de agentes potenciais de controle de *Sirex noctilio*

Todas as avaliações de parasitóides em *S. noctilio* e em outros siricídeos hospedeiros foram conduzidas nas unidades de Silwood Park, U.K.; Hobart, Tasmânia (Taylor 1976) e/ou no Forest Research Institute, na Nova Zelândia. Um total de 21 espécies (incluindo espécies coletadas de *Sirex noctilio*) foram importadas para avaliação e criação. Detalhes do número de insetos enviados e recebidos foram apresentados por Taylor (1976) e Nuttall (1989). Um trabalho preliminar (ex. Spradbery e Kirk 1978) mostrou que algumas espécies de parasitóides são específicas a outras árvores hospedeiras e/ou a outros siricídeos. Exemplos coletados na Europa incluem: *Megarhyssa emarginatoria* Thunberg e *Rhyssa amoena* Grav. Algumas outras espécies de parasitóides foram

encontradas atacando *Sirex noctilio* em laboratório, mas a criação destes fracassou porque ocorreu uma pequena razão sexual, como por exemplo, *Rhyssa lineolata* (Kirby) e *Rhyssa alaskensis* (Ashmead).

Como resultado das avaliações em *Sirex noctilio*, 10 principais espécies (com subespécies e raças geográficas) foram criadas em número suficiente para liberação em campo (Tabela 3).

parasitóides de siricídeos estabeleceram-se no campo, em várias partes da Australásia: *Ibalia leucospoides leucospoides*, *Ibalia l. ensiger*, *Ibalia rufipes drewseni*, *Megarhyssa nortoni nortoni*, *Rhyssa persuasoria persuasoria*, e *Schlettererius cinctipes*.

Ibalia leucospoides (sub-espécies *leucospoides* e *ensiger*) e *Megarhyssa nortoni*, foram os mais rápidos colonizadores. *Rhyssa* foi um

colonizador mais lento.

Schlettererius cinctipes (Cresson) (Stephanidae) foi raro nas áreas onde os dois ichneumonídeos estavam presentes. Espécies de *Ibalia* produziram os mais altos níveis de parasitismo (14,5% - 28,9%) no continente, seguida por *Megarhyssa nortoni* (12% ou menos); *Rhyssa persuasoria* não estabeleceu-se no continente. Contudo, na Ilha da Tasmânia, *Megarhyssa nortoni* e *Rhyssa persuasoria* foram os parasitóides mais abundantes. Na Nova Zelândia, o parasitismo por *Ibalia l. leucospoides* e pelos rissines foi de 70% ou mais. Taylor (1967) elaborou uma chave para distinguir estes agentes de controle biológico, no campo.

Tabela 3. Principais espécies de parasitóides de siricídeos criados em número suficiente para liberação no campo (ver Taylor 1976 para maior detalhes)

Espécies	Estágio atacado	Origem
<i>Ibalia leucospoides leucospoides</i>	Ovo/ Larvas estágios iniciais de desenvolvimento	Europa
<i>Ibalia l. ensiger</i>	Ovo/ Larvas estágios iniciais de desenvolvimento	USA
<i>Ibalia rufipes rufipes</i>	Ovo/ Larvas estágios iniciais de desenvolvimento	USA
<i>Ibalia r. drewseni</i>	Ovo/ Larvas estágios iniciais de desenvolvimento	Europa
<i>Megarhyssa nortoni nortoni</i>	Larvas estágios mais avançados de desenvolvimento	USA
<i>Megarhyssa praecellens</i>	Larvas estágios mais avançados de desenvolvimento	Japão
<i>Rhyssa persuasoria persuasoria</i>	Larvas estágios mais avançados de desenvolvimento	Europa
<i>Rhyssa p. himalayensis</i>	Larvas estágios mais avançados de desenvolvimento	Índia
<i>Rhyssa alaskensis</i>	Larvas estágios mais avançados de desenvolvimento	USA
<i>Rhyssa hoferi</i>	Larvas estágios mais avançados de desenvolvimento	USA
<i>Rhyssa lineolata</i>	Larvas estágios mais avançados de desenvolvimento	Canadá
<i>Odontocolon geniculatus</i>	Larvas estágios mais avançados de desenvolvimento	Europa
<i>Schlettererius cinctipes</i>	Larvas estágios mais avançados de desenvolvimento	USA

Principais agentes de controle biológico

As 10 espécies da parasitóides "selecionadas" como agentes potenciais de controle biológico foram diretamente liberados no campo, na Austrália, sem qualquer estudo; algumas destas espécies foram também liberadas na Nova Zelândia. Estas liberações foram extensivamente revisadas por Taylor (1976) e Nuttall (1989). Cinco das espécies de

Referências

- Berryman, A.A. 1986. Forest insects: principles and practice of population management. New York: Plenum Press. 279 p.
- Ciesla, W.M. 1993. Recent introductions of forest insects and their effects: a worldwide overview. In: Proceedings of the conferencia regional de vespa da Madeira, *Sirex noctilio*, na América do Sul. Florianópolis, S.C.: 23-27 November 1992. Colombo, PR, Brazil: EMBRAPA. pp 9-22.
- Kerrich, G.J. 1973. On the taxonomy of some forms of *Ibalia* Latreille (Hymenoptera: Cynipoidea) associated with conifers.

Zoological Journal of the Linnean Society.
53: 65-79.

Kirk, A.A. 1974. Bioclimates of Australian *Pinus radiata* areas and *Sirex noctilio* localities in the northern hemisphere. Australian Forester. 37:126-131.

Nuttall, M.J. 1989. *Sirex noctilio* F., *Sirex* wood wasp (Hymenoptera: Siricidae). In: Cameron, P. J.; Hill, R. L.; Bain, J.; Thomas, W. P., eds. A review of biological control of invertebrate pests and weeds in New Zealand: 1874 to 1987. CAB International Institute of Biological Control. Technical Communication No. 10. Wallingford, U.K.: CAB International. pp. 299-306.

Spradbery, J. P. 1970. The biology of *Ibalia drewseni* Borries (Hymenoptera: Ibalidae), a parasite of siricid woodwasps. Proceedings of the Royal Entomological Society of London. 45:104-113.

Spradbery, J. P.; Kirk, A. A. 1978. Aspects of the ecology of siricid woodwasps (Hymenoptera: Siricidae) in Europe, North Africa and Turkey with special reference to the biological control of *Sirex noctilio* F. in Australia. Bulletin of Entomological Research: 68: 341-359.

Taylor, K. L. 1967. The introduction, culture, liberation and recovery of parasites of *Sirex noctilio* in Tasmania: 1962-67. Technical Paper. Division of Entomology, CSIRO, Australia. n. 8. 19 p.

Taylor, K. L. 1976. The introduction and establishment of insect parasitoids to control *Sirex noctilio* in Australia. Entomophaga. 21: 429-440.

Tribe, G. D. 1995. The woodwasp *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera: Siricidae), a pest of *Pinus* species, now established in South Africa. African Entomology. 3: 215-217.

Cooperação internacional sobre procedimentos quarentenários

Américo Iorio Ciociola

O mundo passa atualmente por profundas transformações e o que ontem parecia impossível, hoje é uma realidade imutável. O avanço nas comunicações, por exemplo, permite ao homem ter acesso instantâneo a informações que seria praticamente impossível de se obter num passado não muito distante, assim como o progresso nos transportes leva mercadorias e o coloca do outro lado do mundo em questão de horas. Neste último caso, a migração de espécies daninhas para outras regiões era mais difícil, assim como o trabalho de importação de espécies úteis para o seu controle biológico. Hoje em dia, é indispensável a existência de organizações eficazes e técnicos competentes para fazer frente aos desafios do mundo moderno.

Observa-se com frequência que um programa de cooperação qualquer abriga em seu interior desencontros de tal magnitude, motivados por interesses pessoais ou mesmo alheios ao referido programa que mais parecem verdadeiros “cabo de guerra”. No seu afã de tentar fazer o melhor, as pessoas envolvem-se de tal maneira em suas atividades específicas que não percebem o rumo global que tal cooperação está tomando. Daí a importância de se ter, em qualquer programa cooperativo, ações transparentes, ágeis e que contemplem os interesses das partes envolvidas. É importante realçar que fatores culturais podem muitas vezes retardar ou mesmo impedir o bom andamento de programas cooperativos, apesar do sincero envolvimento das partes. Quando esses fatores são superados, as ações resultantes são da maior objetividade, com reais benefícios para todos.

A cooperação se inicia com a **vontade de cooperar**. Nenhuma ação entre duas organizações é bem sucedida se as pessoas envolvidas não estão imbuídas desse desejo. É necessário também lembrar que a cooperação é muito mais fácil quando todas as pessoas envolvidas tem participação ativa nas diversas

etapas do programa, e não somente executoras de diretrizes emanadas de alguma organização.

Muitos programas são bem sucedidos pela simples existência de pessoal motivado e conhecedor de todas as suas etapas.

Um outro fator que estimula a cooperação é a **existência de um problema comum**, de difícil ou impossível solução por um grupo isoladamente. É conhecida a dificuldade que se tem hoje em dia em impedir a migração de espécies daninhas ao redor do mundo. Exemplos recentes são a introdução de *Sirex noctilio* F. no Brasil e do ácaro verde da mandioca na África.

Para que haja uma ação efetiva, no caso de procedimentos quarentenários, é necessário a existência de um **corpo técnico capacitado** e em número adequado para a realização das múltiplas tarefas do processo. Basta lembrar que um ponto chave em qualquer programa de controle biológico clássico é a troca de experiências entre pesquisadores localizados nas mais diversas regiões do planeta.

Entretanto, a mera existência de pessoal gabaritado não assegura a eficácia de um programa quarentenário. A existência de **laboratórios de quarentena** é um fator imprescindível à execução de qualquer programa nessa área. Aliado a esse fato, é necessário que haja um aporte de **recursos financeiros** que permitam levar a bom termo o programa proposto. A falta desses fatores tem retardado ou mesmo impedido o sucesso de programas de controle biológico clássico ao redor do mundo. Muitas vezes, entretanto, programas não são bem sucedidos por falta de **organização** na condução dos trabalhos.

Qualquer ação governamental é cercada de **ações burocráticas** destinadas a garantir a execução das ações propostas, sejam elas

oriundas de leis, decretos, resoluções ou decisões de instâncias administrativas. Quando essas ações não são conduzidas de maneira diligente, os objetivos dessas ações não são alcançados dentro do tempo proposto, causando grandes transtornos à administração como um todo.

Quais são os problemas que impedem uma ação cooperativa mais eficiente entre os países? Em primeiro lugar, há um fator que extrapola a alçada dos técnicos de quarentena: a inexistência de uma mentalidade quarentenária na população em geral. Não é raro o fato de turistas trazerem em suas bagagens sementes e/ou partes vegetais sem perceber que podem estar introduzindo espécies exóticas da maior periculosidade para a agricultura de seu país. Um programa educacional permanente sobre quarentenas e sua importância deve estar presente na vida do cidadão desde a escola primária, culminando com cartazes, folhetos e demais materiais informativos veiculados nos portos, aeroportos e postos de fronteira.

Um outro problema que aflige àqueles que se dedicam à prevenção da entrada de organismos exóticos em seus países é a inexistência de laboratórios de quarentena em número suficiente para atender à demanda dos diversos países. No que diz respeito ao Brasil, somente recentemente foi inaugurado o novo Laboratório de Quarentena "Costa Lima", situado em Jaguariuna, SP, após mais de 10 anos de cuidadoso planejamento e busca de recursos para a sua implantação. Países que não contam com esse tipo de instalação utilizam-se muitas vezes das existentes em países vizinhos, permitindo desse modo uma cooperação mais estreita em torno de problemas comuns. Entretanto, a escassez de pessoal qualificado pode muitas vezes comprometer o bom andamento desses laboratórios, frequentemente desprovidos de um orçamento adequado para o seu funcionamento. Inclui-se, neste último caso, um problema que se generaliza nos últimos anos, qual seja a baixa remuneração dos técnicos envolvidos, desestimulando tanto aqueles que se encontram na ativa quanto aos egressos das universidades a abraçar essa fascinante carreira.

Os interesses comerciais muitas vezes dificultam a ação quarentenária, na medida em que as organizações envolvidas estão interessadas em resolver rapidamente os seus problemas de eventuais introduções de organismos exóticos, muitas vezes não compreendendo o motivo ou não se dispendo a aguardar o tempo necessário para a condução dos trabalhos necessários a garantir a pureza do material introduzido.

Dois outros fatores podem dificultar a cooperação internacional sobre procedimentos quarentenários: a burocracia e a desconfiança. No primeiro caso, é comum observar-se, por parte do pessoal de fronteira, uma obediência fiel a trâmites burocráticos desnecessários quando da introdução de material destinado a laboratórios de quarentena; no segundo caso, generaliza-se a desconfiança de que dentro dos recipientes rotulados como material biológico para estudo que não deve ser aberto a não ser no laboratório de destino contenha na realidade outros tipos de material. Em certas ocasiões, verdadeiras investigações são realizadas em dependências aeroportuárias visando garantir a natureza do material introduzido, muito a contragosto do oficial de quarentena ou seu representante que aguarda ansiosamente para levá-lo para o laboratório.

Apesar de todos esses esforços, muitas vezes o resultado deixa muito a desejar. Em alguns casos, a pessoa diretamente interessada não utiliza o material importado na sua plenitude (traça do tomateiro), demora em trazer o material e liberá-lo (broca-do-café), enquanto um custo relativamente baixo do processo desmotiva um cuidado maior com o material importado. Em outros casos, há um maior dinamismo e uso do material obtido, como é o caso da mosca das frutas no Nordeste do Brasil.

Como se pode perceber, a cooperação é imprescindível, principalmente quando se lida com organismos regionais. No âmbito do MERCOSUL, por exemplo, muito já se fez na área fitossanitária. A criação do Comitê Fitossanitário do Cone Sul (COSAVE) tem realizado um formidável esforço no sentido de harmonizar normas existentes nos diversos países membros de maneira a permitir uma maior agilidade no trato de ações que visem a

preservação da qualidade ambiental e no trânsito de material vegetal e animal através das fronteiras. O COSAVE reúne organismos que tratam de aspectos fitossanitários nos diversos países membros. Desse modo, a Argentina é representada pelo Instituto Argentino de Sanidade e Qualidade Vegetal, o Brasil pela Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, o Chile pelo Serviço Agrícola e Pecuário, o Paraguai pelo Departamento de Defesa Vegetal e o Uruguai pelo Serviço de Proteção Agrícola. Representantes desses organismos tem se reunido constantemente, muitas vezes na forma de grupos de trabalho em áreas específicas, de maneira a construir um elenco de normas e procedimentos que, respeitando a individualidade dos países, harmonize esses procedimentos em prol da integração regional na área fitossanitária.

Sá, L.A.N., De. 1994. Enfoque regional relativo á introdução de inimigos naturais no cone sul. In: Simpósio de Controle Biológico. 4:61-64.

Referência

COSAVE. 1995. Relatório Anual de Atividades. Brasília.

CNPq. 1993. Cooperação Internacional - Expedição Científica. 34 p.

Nardo, E.A.B. De; Capalbo, D.M.F.; Moraes, G.J. De; Oliveira, M.C.B., coords. 1995. Requisitos para a análise de risco de produtos contendo agentes microbianos de controle de organismos nocivos - uma proposta para os órgãos federais registrantes. Jaguarina: EMBRAPA - CNPMA, 42 p.

Nardo, E.A.B. De; Capalbo, D.M.F.; Moraes, G.J. de & Oliveira, M.C.B., eds. 1995. Análise de risco e avaliação do impacto ambiental decorrente do uso de agentes de controle biológico. Workshop. Jaguariuna, SP, Brasil: 18-20 de outubro de 1994. EMBRAPA-CNPMA. 127 p.

Moraes, G.J. De; Sá, L.A.N. De; Tambasco, F.J. 1966. Legislação Brasileira sobre o intercâmbio de agentes de controle biológico. Jaguariuna: EMBRAPA - CNPMA. 16 p.

Liberação e aviação de parasitóides em projetos de controle biológico clássico: uma breve revisão

Sean T. Murphy

Introdução

Antes do início da fase de implementação de projetos de controle biológico clássico, onde uma ou mais espécies de parasitóides exóticos, que tenham sido selecionados para atuar contra a espécie alvo, devem ser feitas algumas considerações, seguindo os seguintes passos:

- importação, quarentena e criação inicial
- requerimentos para criação, liberação e número necessário
- planejamento da liberação em campo (onde, quando, tamanho, número e métodos)
- definir um projeto para o programa de avaliação, visando medir o resultado da introdução

Aqui, far-se-á uma breve consideração sobre liberação, monitoramento e impacto dos parasitóides exóticos (ex. passos 3 e 4). Os princípios gerais de alguns destes tópicos foram recentemente revisados por Van Driesche e Bellows (1996) e Jervis e Kidd (1996).

Liberação e estabelecimento de parasitóides exóticos

Onde realizar a liberação

Usualmente, a área atacada por uma praga é muito grande e a tentativa de liberação dos parasitóides são feitas em vários locais, dentro da mesma área. Assim, as liberações são mais efetivas se realizadas em locais onde seja possível estudar a influência de fatores como clima, altitude e densidade da praga. Antes do

início das liberações de um parasitóide, algumas tentativas podem ser feitas para estimar a provável área que será colonizada pelos insetos. Isto pode ser feito pelo uso do programa de computador "CLIMEX" (Sutherst e Maywald 1985).

Tamanho e número de liberações necessárias

Em um programa de controle biológico clássico, não há regras rígidas e rápidas para proporcionar uma boa chance de estabelecimento. Algumas espécies colonizam rapidamente, sendo necessária a liberação de poucos indivíduos. Por exemplo, o parasitóide *Megarhyssa nortoni* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae), liberado na Tasmânia nos anos 60, para o controle de *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae), estabeleceu-se após a liberação de apenas poucas centenas de fêmeas (Taylor 1976).

Contudo, Beirne (não publicado), em sua análise de projetos de controle biológico no Canadá, concluiu que, liberações com menos de 800 indivíduos, há menores chances de colonização do que em locais onde um grande número foi liberado. Há também boas justificativas teóricas para não se liberar menos que 1000 indivíduos; populações menores que esta podem ser extintas, porque baixas densidades de liberações em um novo ambiente conduz ao fracasso, produzindo uma alta proporção de machos em relação às fêmeas. (Hopper e Roush 1993).

O número de liberações irá depender da fenologia da população do hospedeiro no campo, do número de locais com diferenças climáticas e da altitude escolhida para teste do parasitóide (ver abaixo).

Método e época de liberação

As liberações devem ser feitas onde o hospedeiro é abundante e no estágio correto. Nos trópicos as pragas tendem a ser sazonais e as liberações devem também ser feitas nas áreas onde a população da praga esteja aumentando e não decrescendo. As liberações são, muitas vezes, feitas nas primeiras horas da manhã, porque as temperaturas são mais adequadas. Podem ser realizadas em campo aberto ou em gaiolas. No caso da utilização de gaiolas, os competidores podem ser excluídos.

Avaliação da introdução de parasitóides

Capacidade de dispersão dos parasitóides

Algumas espécies de parasitóides apresentam uma boa capacidade de dispersão e podem cobrir uma grande área, logo após a sua liberação. Contudo, outras espécies não apresentam uma boa capacidade de dispersão. Dados coletados sobre os parasitóides de *Sirex*, após a liberação, indicam uma grande variabilidade dentro e entre espécies (Tabela 1).

Tabela 1. Capacidade de dispersão de parasitóides se siricídios liberados na Austrália (registrado na literatura)		
Parasitóides	Local	Capacidade de dispersão
<i>Ibalia l. leucospoides</i>	Nova Zelândia	6 km em 4 anos 125 km em 9 anos
<i>Magarhyssa n. nortoni</i>	Nova Zelândia	65 km em 9 anos 115 km em 5 anos?
	Tasmânia	19 km em aprox. 12 anos
<i>Rhyssa p. persuasoria</i>	Nova Zelândia	<5 km em aprox. 20 anos
	Tasmânia	7.2 km em aprox. 12 anos

Assim, um acompanhamento para medir a capacidade de dispersão de espécies recentemente liberadas pode ser realizado como indicado abaixo:

1. Parcelas de amostras permanentes (PAPs) ou transectos de árvores, são estabelecidos por toda a área afetada pela praga, tal que, a distribuição e dispersão do parasitóide possa ser monitorada ao longo do tempo. O número preciso, contudo, irá depender do tempo e recursos disponíveis.

2. Todas as parcelas devem ser visitadas regularmente; por exemplo, durante um certo número de gerações de *Sirex*. Em cada parcela, os seguintes registros deverão ser feitos:

- número total de árvores amostradas
- estimativa do nível de infestação e proporção de árvores atacadas nas PAPs
- presença/ausência de parasitóides

Para este estudo, a razão de dispersão do parasitóide pode ser monitorada ao longo do tempo.

Impacto dos parasitóides

Aqui é necessário entender o papel do parasitismo na limitação da população da praga e alguns dos fatores que limitam o impacto; por exemplo, é preciso de alguns conhecimentos práticos da dinâmica de interação espacial e temporal entre parasitóide-hospedeiro. Há três métodos para avaliar o impacto de um parasitóide introduzido:

1. Comparação da densidade da praga antes e após a introdução do inimigo natural.
2. Comparação da densidade da praga em parcelas controles (sem a utilização do agentes de biocontrole) com parcelas tratadas (com a utilização de agentes de biocontrole).
3. Análise de tabelas de vida da população da praga, após a introdução do inimigo natural.

Do ponto de vista experimental, o método 2 é o melhor (Ludlow com. pessoal). Contudo, o sucesso deste método dependerá da capacidade de dispersão do inimigo natural. Para muitos parasitóides, isto deve ser considerado e assim, o método 2 pode não ser eficiente pois as parcelas podem ser instaladas em condições diferentes de clima, solo e outros fatores, os quais poderão mascarar o verdadeiro efeito do parasitismo. Portanto, grande ênfase deve ser dada aos métodos 1 e 3. Luck et al. (1988) fez uma revisão do método 1.

Os três métodos requerem estimativas da densidade da praga e/ou número, para serem realizadas. Um estimativa também precisa ser feita do número de indivíduos da praga que morrem devido ao parasitismo. Os problemas gerais que podem ser encontrados quando se mede parasitismo, foram discutidos por Van Driesche (1983) e Van Driesche et al. (1991). Madden (neste workshop) apresenta métodos que foram desenvolvidos na Austrália para avaliar o parasitismo em *Sirex noctilio*.

Os métodos 1 e 2 podem fornecer uma clara avaliação do impacto total de um parasitóide introduzido na população de seu hospedeiro. Contudo, a interpretação dos resultados de parasitismo obtidos durante alguns estudos, pelo terceiro método, pode ser dificultado em alguns casos. Para superar este problema, uma série de tabelas de vida, coletadas para um número de gerações da praga, pode ser analisada. Bellows et al. (1992) revisou os métodos gerais para estimativa de parasitismo e os métodos disponíveis para construção e análise de uma série de tabelas de vida para uma praga. Taylor (1978) utilizou uma série de tabelas de vida para avaliar o impacto dos parasitóides de *Sirex*, na Tasmânia. Referência deve ser feita ao Trabalho de Taylor, pelos métodos empregados.

Referências

- Bellows, Jr., T. S.; Van Driesche, R. G.; Elkinton, J. S. 1992. Life-table construction and analysis in the evaluation of natural enemies. *Annual Review of Entomology*. 37: 587-614.
- Driesche, R.G. van [Van Driesche, R. G.] 1983. Meaning of 'percent parasitism' in studies of insect parasitoids. *Environmental Entomology*. 12: 1611-1621.
- Driesche, R.G. van [Van Driesche, R. G.]; Bellows, Jr., T. S.; Elkinton, J. S.; Gould, J. R.; Ferro, D. N. 1991. The meaning of percentage parasitism revisited: Solutions to the problem of accurately estimating total losses from parasitism. *Environmental Entomology*. 20: 1-7.
- Driesche, R.G. van [Van Driesche, R. G.]; Bellows, Jr., T. S. 1996. *Biological control*. New York: Chapman and Hall. 539 p.
- Hopper, K. R.; Roush, R. T. 1993. Mate finding, dispersal, number released, and the success of biological control introductions. *Ecological Entomology*. 18: 321-331.
- Jervis, M. ; Kidd, N. 1996. *Insect natural enemies: Practical approaches to their study and evaluation*. London: Chapman and Hall. 491p.
- Luck, R. F.; Shepard, B. M.; Kenmore, P. E. 1988. Experimental methods for evaluating arthropod natural enemies. *Annual Review of Entomology*. 33: 362-391.
- Sutherst, R. W.; Maywald, G. F. 1985. A computerised system for matching climates in ecology. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 13: 281-299.
- Taylor, K. L. 1976. The introduction and establishment of insect parasitoids to control *Sirex noctilio* in Australia. *Entomophaga*. 21: 429-440.
- Taylor, K. L. 1978. Evaluation of the insect parasitoids of *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) in Tasmania. *Oecologia*. 32: 1-10.

Programa nacional de controle à vespa-da-madeira no Brasil

Edson Tadeu Iede; Susete do Rocio Chiarello Pentead; Erich Schaitza

Introdução

O Brasil possui cerca de 5 milhões de hectares reflorestados, dos quais, aproximadamente, 2 milhões com espécies de *Pinus*. Grande parte desses plantios foram implantados com uma base restrita de espécies, conduzidos em alta densidade através de regimes de manejo florestal inadequados. Na região Sul, concentram-se 1 milhão de hectares, basicamente com *P. taeda* e *P. elliotii*. Essas características proporcionam as condições ideais para o aparecimento de surtos de pragas e doenças. O fator que despertou o setor florestal brasileiro, para a necessidade de prevenir e monitorar a presença de pragas nos povoamentos de *Pinus* foi o registro em 1988, de *Sirex noctilio*, no estado do Rio Grande do Sul. Atualmente ela está presente em cerca de 250.000 ha, avançando pelos estados de Santa Catarina e Paraná.

Na região de origem, Europa, Ásia e Norte da África, *S. noctilio* é uma praga secundária. Porém nos países onde foi introduzido, como Nova Zelândia, Austrália, Uruguai, Argentina, Brasil e mais recentemente, na África do Sul, tornou-se a principal praga das florestas de *Pinus*.

A utilização de agentes de controle biológico é a medida mais eficaz para o controle de *S. noctilio*, destacando-se a ação de *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola*, um nematóide que esteriliza as fêmeas, podendo atingir uma média 70% de parasitismo. Observou-se também, que o manejo florestal associado à utilização de agentes de controle biológico, podem manter a praga sob controle.

Face à ameaça que esta praga significa para o patrimônio florestal brasileiro, foi criado em 1989, o Fundo Nacional de Controle à Vespa-da-Madeira (FUNCEMA), através da integração da iniciativa privada e órgãos

públicos, para dar suporte ao Programa Nacional de Controle à Vespa-da-Madeira (PNCVM). Esse programa contempla atividades de pesquisa para a geração e adaptação de tecnologias para o controle de *S. noctilio* e, em uma primeira fase, priorizou a introdução e liberação de *B. siricidicola*. O PNCVM contempla ainda:

1. O monitoramento para a detecção precoce e dispersão da praga, através da utilização de árvores-armadilha, que consiste no estressamento de árvores com a utilização do herbicida Dicamba, a fim de atrair os insetos.
2. A adoção de medidas de prevenção, recomendando-se a atualização do manejo florestal, principalmente a realização de desbastes, visando a melhoria das condições fitossanitárias dos plantios, minimizando a intensidade do ataque.
3. A adoção de medidas quarentenárias, visando controlar e retardar ao máximo sua dispersão.
4. A introdução dos parasitóides *Ibalia leucospoides*, *Rhyssa persuasoria* e *Megarhyssa nortoni*, a fim de aumentar-se a diversidade de inimigos naturais.

A introdução de *M. nortoni* foi realizada em 1996 e de *R. persuasoria* em 1997, em um projeto elaborado com o apoio do Centre for Agriculture and Bioscience International and the United States Department of Agriculture-Forest Service. *Ibalia leucospoides*, foi introduzida acidentalmente, e detectada em 1990 no estado do Rio Grande do Sul, estando atualmente presente em quase todos os povoamentos atacados pela vespa-da-madeira; 5) ações de divulgação, utilizando-se a mídia e os pesquisadores envolvidos, em um amplo programa de treinamento e palestras para

produtores e técnicos, propiciando a capacitação e obtenção da informação por parte da comunidade. A integração dentro do PNCVM tem sido um exemplo à política de PeD a nível nacional, visto que, além dos órgãos públicos, estão envolvidas mais de uma centena a de empresas da Região Sul do Brasil. Estas, além de adotarem a tecnologia, fornecem também assistência técnica a pequenos reflorestadores, para que as medidas de controle atinjam todos os plantios atacados pela vespa-da-madeira.

Biologia e ecologia de *Sirex noctilio*

Sirex noctilio F. pertence à ordem Hymenoptera, sub-ordem Symphyta, família Siricidae, sub-família Siricinae (Smith 1978). Os siricídeos se desenvolvem no interior do tronco de várias espécies e são comumente chamados de woodwasps ou "horntails". Este grupo é associado com coníferas e angiospermas cuja origem é o hemisfério norte (Smith 1978).

Esta espécie é endêmica da Eurásia e norte da África, atingindo grande densidade na zona mediterrânea, e tem preferência por espécies do gênero *Pinus* podendo ocorrer ainda, nos gêneros *Abies*, *Picea*, *Larix*, e *Pseudotsuga*.

Nos países de origem, *S. noctilio* se desenvolve normalmente, em árvores danificadas ou mortas por fatores bióticos e abióticos, tais como: fogo, ventos, outros insetos, doenças, nevadas ou operações mecânicas, etc., podendo, também, se desenvolver em árvores vivas.

Segundo Smith (1988) distribui-se através dos seguintes países, Alemanha, Austrália (Introduzida em 1951), Áustria, Bélgica, Chipre, Dinamarca, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Inglaterra, Mongólia, Noruega, Nova Zelândia (Introduzida 1900), Polônia, Romênia, Ex-Tchecoslováquia e Ex- União Soviética. Mais recentemente foi introduzida no Uruguai (1980) Argentina (1985) Brasil (1988) e África do Sul (1994).

A maioria dos adultos emerge, no Brasil, de novembro a abril, com picos de emergência nos

meses de novembro e dezembro. Os machos começam a emergir antes que as fêmeas. Há uma proporção macho: fêmea variável de 1,5:1 (Taylor 1981) a 32:1 (Carvalho et al. 1993).

Após o período inicial de vôo, as fêmeas perfuram o tronco das árvores com seu ovipositor e colocam seus ovos no alburno. Em cada local de oviposição, esses insetos podem perfurar até 4 galerias e o número médio de ovos encontrados é de 2,2 (Madden 1974). As fêmeas maiores colocam de 300 a 500 ovos, em aproximadamente 10 dias (Morgan 1968). No Brasil, Carvalho et al. (1993), observaram que o número de ovos nos ovários varia de 20 a 430, com uma média de 226 ovos. Durante as posturas, as fêmeas introduzem esporos (artrósporos) de um fungo simbiote *Amylostereum areolatum* (Fr.) Boidin, e uma secreção mucosa, que são os causadores da toxicidade e consequente morte das plantas (Coutts 1969).

Os plantios mais suscetíveis ao ataque de *S. noctilio* geralmente possuem entre 10 e 25 anos de idade e estão sob estresse. Povoamentos sem desbaste são mais suscetíveis ao ataque do inseto do que os desbastados. O inseto debilita ainda mais as plantas devido à injeção do muco fitotóxico e dos esporos do fungo simbiote *A. areolatum* no alburno, durante a oviposição. Este fungo patogênico, que é a fonte de nutrientes para as larvas da praga, seca e causa a podridão na madeira. Além disso, a qualidade da madeira é afetada pela atividade das larvas que constroem galerias e pela penetração de agentes secundários que danificam a madeira, limitando o seu uso, ou tornando-a imprópria para o mercado. Após a morte da árvore, a madeira é degradada rapidamente e sua utilização deve ser feita no máximo seis meses após ter sido atacada.

Os sintomas de ataque, começam a aparecer logo após os picos populacionais do inseto, que ocorrem nos meses de novembro a dezembro, no entanto, são mais visíveis a partir do mês de março. Os sintomas externos mais visíveis são: progressivo amarelecimento da copa que depois se torna marron avermelhada, esmorecimento da folhagem, perda das acículas, respingos de resina na casca (em função das perfurações para oviposição) e orifícios de emergência de adultos. Sintomas

internos são: manchas marrons ao longo do câmbio (embaixo da casca), que são devidos ao fungo. *A. areolatum* e galerias feitas por larvas, que comprometem a qualidade da madeira.

Sirex noctilio completa seu desenvolvimento em um ou dois anos. Aproximadamente 75% emergem no primeiro ano. Um pequeno número pode emergir no terceiro ano, porém aparentemente não sobrevivem (Morgan 1968). As larvas que completam o seu desenvolvimento em um ano, apresentam uma média de seis a sete ínstars, aquelas que tem um período de desenvolvimento de dois anos apresentam uma média de oito ínstars (Morgan 1968). Observou-se também a ocorrência de até 12 ínstars, em clima temperado da Tasmânia (Taylor, 1981).

Detecção da vespa-da-madeira no Brasil

Em fevereiro de 1988, foi constatado um ataque de *Sirex*, em um povoamento de *Pinus taeda* no município de Gramado, RS. Este foi o primeiro registro de um surto desse inseto no Brasil (Iede et al. 1988).

A presença do inseto foi verificada, inicialmente, em um povoamento de 5 ha, com 13 anos de idade, plantado no espaçamento de 2 m x 2 m onde estava sendo realizado o primeiro desbaste. Foram abatidas algumas árvores com sintomas de ataque e constatou-se a presença de larvas (brocas) de siricídeos no interior do tronco. Constatou-se, também, em toras provenientes de desbaste recente, empilhadas no interior do povoamento, a presença de galerias com larvas e orifícios de saída de adultos (Iede et al. 1988).

Na mesma ocasião foi constatada uma mortalidade de 240 árvores/ha em outro reflorestamento de *P. taeda*, localizado na divisa de Canela e São Francisco de Paula, RS. Os povoamentos estavam em média com 17 anos de idade e foram plantados no espaçamento de 2 m x 2 m (2.500 plantas/ha) e não tinham sido desbastados. A média de mortalidade de 9,6% vinha sendo atribuída ao esgotamento do solo, devido a excessiva competição das plantas por

nutrientes, já que o povoamento não havia sofrido desbaste. Entretanto, quando foram abatidas algumas árvores, com amarelecimento de copa, ou secas, foi constatada a presença de larvas de *S. noctilio*. Uma das árvores abatidas, já bastante seca, apresentava galerias velhas de *S. noctilio*, evidenciando que o povoamento havia sofrido ataques em anos anteriores (Iede et al. 1988).

Em dezembro de 1989, foi registrada a presença da vespa-da-madeira, no município de Lages, Estado de Santa Catarina, em árvores armadilhas de *P. taeda*. No estado do Paraná, foram realizadas duas intercepções, nos anos de 1993 e em 1994, sem que houvesse estabelecimento. Entretanto em julho/96, constatou-se o estabelecimento da praga em plantações de *P. taeda* no município de General Carneiro, PR.

Atualmente *S. noctilio* está presente em aproximadamente 250.000 ha de *Pinus* spp., em cerca de 60 municípios dos três estados do Sul do Brasil.

Programa Nacional de Controle à Vespa-da-Madeira (PNCVM)

Com o registro da vespa-da-madeira em povoamentos de *Pinus* no país, o setor florestal brasileiro está passando por uma fase crítica devido ao potencial de danos da praga. A infestação das florestas de *P. taeda* por *S. noctilio* no Sul do País é séria e evolui gradativamente. É inevitável a disseminação dessa praga por todas as áreas com *Pinus* no Brasil, visto que, ela pode dispersar-se naturalmente entre 30 e 50 km/ano, requerendo-se medidas urgentes e eficazes no sentido de controlar, monitorar e retardar sua dispersão. Face a este fator e a urgência de controlar esta praga, em junho de 1989 foi criado o Fundo Nacional de Controle à Vespa-da-madeira (FUNCEMA), que é uma entidade civil sem fins lucrativos, constituído por instituições públicas e privadas, cujo objetivo principal é aportar recursos para o desenvolvimento do "Programa Nacional de Controle à Vespa-da-Madeira" (PNCVM).

Este programa contempla, prioritariamente, as seguintes atividades.

Monitoramento para a detecção precoce de *Sirex noctilio*

O programa previa, originalmente, a localização (mapeamento) de todas as florestas de *Pinus* spp. através de imagens de satélite. Prevvia também, o registro, em mapas detalhados, de todas estas florestas no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná e de dados sobre o número e localização de agrupamentos de árvores-armadilha instalados, dos pontos de presença de *Sirex* e de pontos de liberação de nematóides e parasitóides, além de buscas aéreas e terrestres.

Monitoramento aéreo

O monitoramento aéreo, através de observação visual, para a realização de levantamentos expeditos, tanto para a detecção precoce como para a estimativa de área atacada, não foi realizado, face à imprecisão do método, visto que, árvores dominadas, que normalmente são as preferidas na fase inicial do ataque do inseto, não são detectadas por este tipo de levantamento, por encontrarem-se sob o dossel da floresta.

Monitoramento terrestre

As árvores inicialmente atacadas pela vespa-da-madeira são aquelas que apresentam um menor diâmetro e/ou encontram-se debilitadas, embora o ataque possa ocorrer também, de forma esporádica, em árvores dominantes.

A utilização de árvores-armadilha, que são estressadas através da injeção de herbicida, é a técnica mais adequada e eficiente para a detecção precoce desta praga e para o monitoramento de sua dispersão. Além disso a detecção nos estágios iniciais e colonização de *S. noctilio*, proporciona pontos para liberação de agentes de controle biológico e permite a realização de desbastes antes que a praga atinja níveis de dano. A manutenção de um sistema de árvores-armadilha pode aumentar, significativamente, a eficácia do controle biológico da vespa-da-madeira.

A escolha do método de detecção, bem como a intensidade de aplicação do método, deve basear-se numa análise de risco da introdução e dispersão da praga em cada Região. A EMPRABA Florestas, de modo geral, recomenda que árvores-armadilha devem ser instalados em grupos de cinco árvores, de preferência com DAP entre 10 e 20 cm, variando a distância entre grupos, de acordo com o local onde a praga se encontra, tal como:

- em áreas onde o *Sirex* está presente, bem como em áreas distantes até 10 km do foco, instalar grupos de cinco árvores a cada 500 m
- a uma distância de 11 a 50 km do foco, os grupos deverão ser espaçados a cada 1.000 m
- acima de 50 km do foco, principalmente em áreas de fronteira, os grupos deverão ser distanciados a cada 10 km
- em áreas onde o inseto está a mais de 200 km, a vigilância florestal é a técnica mais adequada

A instalação deverá ser feita em locais de fácil acesso, procurando cobrir toda a área do reflorestamento.

Outras recomendações que devem ser seguidas são:

- a instalação de árvores-armadilha, no Brasil, deve ser realizada entre os meses de agosto a outubro, ou seja, aproximadamente dois meses antes do pico populacional dos adultos da vespa-da-madeira, que ocorre, geralmente, entre novembro e dezembro
- os grupos de árvores-armadilha deverão ser revisados entre janeiro e maio, para verificar-se, a presença do ataque do inseto
- processo de instalação de árvores-armadilha deverá ser efetuado todo ano, visto que, há um progressivo decréscimo na atratividade a *Sirex noctilio*, de um ano para outro

- em árvores com DAP abaixo de 30 cm, deve-se aplicar uma dose de 1 a 2 ml do herbicida Dicamba a 20%, ou Tordon a 10%, a cada 10 cm de circunferência; árvores com DAP superior a 30 cm, aplicar de 1 a 2 ml a cada 8 cm de circunferência

Assim que *S. noctilio* for detectado na região, o número de grupos de árvores-armadilha deve ser aumentado e os mesmos devem ser instalados em plantações susceptíveis, próximo a serrarias, nas principais rotas de transporte de madeira e nas bordas de dispersão natural da praga. Após a detecção, os grupos de árvores-armadilha devem ser instalados, anualmente, para aplicação de *B. siricidicola*. Após o estabelecimento dos agentes de controle biológico na região e do declínio da população de *S. noctilio*, os grupos de árvores-armadilha devem ser instalados para monitorar a presença da praga e de seus inimigos naturais.

Medidas preventivas

Atualmente, estima-se que a maioria dos plantios atacados no Brasil, apresentam, ainda, baixos índices de mortalidade e uma pequena parte, possui níveis mais elevados de ataque. Contudo, se medidas de monitoramento, prevenção e controle de *Sirex* não forem implantados, este patrimônio será certamente afetado.

Árvores resistentes a *S. noctilio*, são aquelas que se mantêm sem injúrias, apresentando crescimento vigoroso em sítios bons e talhões bem manejados. O nível de mortalidade das árvores é significativamente, relacionado com o DAP no tronco; árvores com DAP baixo têm um índice de mortalidade maior que as de DAP mais elevado, dentro de um mesmo povoamento (Davis 1966). Desta forma, as práticas de manejo tendem a colocar limites em longas rotações e, mais importante, direcionam a atenção para a composição, estrutura, idade e vigor da floresta, evitando assim, sérios ataques de insetos. De acordo com Davis (1966), um controle mais efetivo de pragas, pode ser obtido, a longo prazo, pela aplicação de práticas silviculturais, criando uma razoável resistência floresta-inseto. O controle completo

nunca poderá ser efetuado deste modo, mas as perdas devidas a insetos, podem ser reduzidas.

Dentre as práticas silviculturais, o desbaste é uma das mais importantes. Desbastes são conduzidos para acelerar ou modificar o curso da competição. A posição da copa, é um critério importante na decisão de quais árvores cortar e quais árvores favorecer. Árvores vigorosas que ultrapassam suas vizinhas, ocupam o dossel superior e normalmente, têm maior chance de sobreviver a competição no futuro, do que as menos vigorosas, que ocupam sucessivamente posições mais baixas.

A maior parte dos desbastes, reduz perdas por agentes de dano, não somente pela prevenção, como também pelo aumento de vigor e resistência das árvores. Somente sob circunstâncias especiais, o desbaste aumenta a suscetibilidade das árvores ao ataque de insetos; no caso da vespa-da-madeira, poderá aumentar a susceptibilidade ao ataque, se este for realizado no período de revoada do inseto.

Controle biológico

Experiências bem sucedidas onde a praga foi introduzida, demonstraram que o controle biológico associado a medidas de prevenção, é o método mais eficaz e econômico para o combate de *Sirex*, principalmente por tratar-se de uma praga exótica, introduzida sem o seu complexo de inimigos naturais.

Para a implantação de um programa semelhante, no Brasil, foram introduzidos o nematóide *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola* e os parasitóides *Ibalia leucospoides*, *Rhyssa persuasoria* e *Megarhyssa nortoni*, visando proporcionar uma maior estabilidade da praga com o seu ecossistema.

Nematóides

O agente de controle biológico mais efetivo da vespa-da-madeira é o nematóide *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola*, que age por esterilização das fêmeas. Culturas deste agente foram realizadas na Austrália e enviadas para o Brasil em 1989 e 1990. As primeiras liberações, foram realizadas no final de agosto de 1989 e nos anos subsequentes, no período de fevereiro a agosto.

Este nematóide apresenta dois ciclos de vida: um de vida livre, alimentando-se do mesmo fungo simbionte de vespa-da-madeira e outro de vida parasitária, dentro de larvas, pupas e adultos de *S. noctilio*. Pelo fato de apresentar o ciclo de vida livre alimentando-se do fungo *A. areolatum*, pode facilmente ser criado em laboratório e liberado no campo, através de sua aplicação em árvores atacadas por *S. noctilio*, podendo atingir níveis de parasitismo próximos a 100%. (Bedding e Akhurst 1974)

A inoculação de *B. siricidicola* nas árvores é feita com o auxílio de um martelo especial, com o qual se faz orifícios a cada 30 cm, no tronco das árvores. Os nematóides, que são enviados ao campo em doses de 20 ml (cada dose contém aproximadamente um milhão de nematóides, que medem de 5 a 25 mm de comprimento), são misturados a uma solução de gelatina a 10% e introduzidos com o auxílio de uma seringa nos orifícios feitos na madeira com o martelo de aplicação.

Após a inoculação, os nematóides penetram na madeira em busca do alimento, o fungo, e reproduzem-se dando origem a nematóides juvenis de vida livre. No entanto, ao encontrar as larvas de *Sirex*, os juvenis se desenvolvem em formas adultas infectivas e penetram nestas larvas deixando uma cicatriz no tegumento. Dentro da larva, dobram em tamanho e quando ocorre a pupação do hospedeiro, dirigem-se para seu aparelho reprodutor e penetram nos ovários, esterilizando as fêmeas de *S. noctilio*. A fêmea adulta infectada emergirá da árvore e colocará ovos em outra árvore, no entanto, os ovos serão inférteis e poderão conter de 100 a 200 nematóides. (Bedding e Akhurst 1974)

O nível médio de parasitismo, obtido na Austrália através da utilização do nematóide, foi de 70 %. No Rio Grande do Sul e Santa Catarina, este nível tem sido muito variado, sendo que os 12.000 ha de *P. taeda* atacados pela vespa da madeira no município de Encruzilhada do Sul, RS, encontra-se sob controle, com um índice de parasitismo de cerca de 80 % (colocar dados atuais).

Parasitóides

A presença de *I. leucospoides* foi registrada no Brasil, pela primeira vez, em dezembro de 1990, em povoamentos de *Pinus*, atacadas pela vespa-da-madeira, no município de São Francisco de Paula-RS (Carvalho, 1991). Atualmente é provável que esteja presente em quase todos os municípios do Rio Grande do Sul e Santa Catarina onde ocorre a vespa-da-madeira e no de Paraná, onde a presença da praga é mais recente. Avaliações indicam um parasitismo de até 39 %, com uma média próxima a 25 %.

Ibalia leucospoides é um endoparasitóide de ovos e larvas de primeiro e segundo ínstar. O parasitóide é atraído para os orifícios de oviposição do hospedeiro, quando o fungo, *Amylostereum areolatum* inicia o seu crescimento. Então a fêmea introduz o seu ovipositor nos orifícios de postura de *Sirex* e deposita um ovo dentro do ovo ou da larva de primeiro ou segundo ínstar. Passa por três estágios dentro do hospedeiro e, no quarto e último ínstar, sai do corpo do hospedeiro e alimenta-se da larva, destruindo-a. Permanece nas galerias do hospedeiro e dirige-se próximo à casca para empupar, emergindo na primavera-verão, mesma época de seu hospedeiro (Madden 1968; Spradbery 1974).

Os Rhyssinae (*R. persuasoria* e *M. nortoni*), pelo fato de apresentarem um longo ovipositor, atacam larvas em estágios mais avançados de desenvolvimento (Taylor 1976). A fêmea destas duas espécies, introduz o ovipositor na madeira, a procura da larva hospedeira, e quando é encontrada, é paralisada, devido à picada que recebe. Os ovos são colocados sobre o corpo do hospedeiro. Após a eclosão, a larva do parasitóide alimenta-se externamente e após consumir o hospedeiro, transforma-se em pupa (Hocking 1968). Neste grupo de espécies, a maioria dos membros de cada geração entram em diapausa no estágio larval, quando completamente alimentados. Empupam na primavera seguinte, para emergir quando a larva hospedeira vai em direção à casca da árvore para empupar. Aquelas que não entram em diapausa, empupam imediatamente, para emergir no início do verão (Taylor 1976).

Quanto à dispersão destas parasitóides, Taylor (1967), cita que *I. leucospoides* pode dispersar-se rapidamente a longas distâncias (até 80 km) e quando atinge áreas novas, reproduzem-se intensamente. Foi observado também, que *I. leucospoides* é mais eficiente em locais secos. Este mesmo autor observou que *Rhyssa* spp. e *Megarhyssa* spp. podem se dispersar por todas as áreas infestadas por *Sirex*, de 7 a 18 km, respectivamente, do ponto de liberação.

O complexo de parasitóides (*Ibalia* + *Rhyssinae*) pode eliminar até 70 % da população de *S. noctilio* em determinados locais (Nuttall 1989). Porém, usualmente, não atingem mais do que 40 % da população, percentual este insuficiente para evitar que os ataques da vespa-da-madeira atinjam níveis elevados, mas que são importantes para manter o equilíbrio ecossistema/praga.

Medidas quarentenárias

Sirex noctilio pode dispersar-se naturalmente de 30 a 50 km por ano. Contudo, o transporte de madeira das áreas atacadas para áreas onde ainda não tenha sido detectada a sua presença, aumenta muito a probabilidade de dispersão desta praga. É provável que tenha sido desta forma que *S. noctilio* foi introduzido no Brasil, vindo do Uruguai. Em função disso, a fiscalização das áreas afetadas e a proibição do transporte de madeira de áreas atacadas para outras não atacadas são fundamentais para impedir o rápido avanço desta praga.

Recomendações gerais

Sirex noctilio é essencialmente uma praga secundária oportunista. Portanto, a prevenção de danos economicamente importantes em plantios de *Pinus* spp., é um problema de manejo, que pode ser aliviado pela vigilância dos plantios e pela aplicação de tratamentos silviculturais. Como tratamento curativo, além da realização de desbastes fitossanitários é fundamental a utilização de agentes de controle biológico.

Referências

- Bedding, R. 1972. Biology of *Deladenus siricidicola* (Neotylenchidae) an entomophagous-mycetophagous nematode parasitic on woodwasps. *Nematologica*. 18:482-493.
- Bedding, R. A. 1989. Relatório e recomendações sobre o ataque de *Sirex* no Brasil. Curitiba: EMBRAPA-CNPq. 8p.
- Bedding, R. A.; Akhurst, R. J. 1989. Use of *Deladenus siricidicola* in the biological control of *Sirex noctilio* in Australia. *Journal of Australian Entomological Society*. 13: 129-135.
- Carvalho, A. G. 1991. Parasitismo de *Ibalia* sp. (Hymenoptera: Ibalidae) em *Sirex noctilio* Fabricius 1793 (Hymenoptera: Siricidae) em São Francisco de Paula, RS. Curitiba: EMBRAPA/CNPq-Boletim de Pesquisa Florestal.
- Chrystal, A. G. 1930. Studies on the *Sirex* parasites. The Biology and post-embryonic development of *Ibalia leucospoides* Hochen. (Hymenoptera-Cynipoidea). *Oxford Forestry Memories*. 11:1-63.
- Coutts, M. P. 1968. Rapid physiological change in *Pinus radiata* following attack by *Sirex noctilio* and its associated fungus *Amylostereum* spp. *Australian Journal of Science*. 30 (7): 274-276.
- Coutts, M. P. 1969. The mechanism of pathogenicity of *Sirex noctilio* on *Pinus radiata*. I. Effects of the symbiotic fungus *Amylostereum* (Thelophoraceae). *Australian Journal of Biological Science*. 22: 915-924.
- Davis, K. M. 1966. Forest management: regulation and valuation. 2 ed. New York: McGraw-Hill. 516 p.
- Furniss, R. L.; Carolin, V. W. 1977. Western forest insects. Washington: USDA Forest Service. 654 p.

- Gilbert, J. M.; Miller, L. W. 1952. An outbreak of *Sirex noctilio* (F.) in Tasmania. Australian Forestry. 16: 63-69.
- Gilmour, J. M. 1965. The life cycle of the fungal symbiotic of *Sirex noctilio*. New Zealand Journal of Forestry. 10 (1): 80-89.
- Hanson, H. S. 1939. Ecological notes on the *Sirex* woodwasps and their parasites. Bulletin of Entomological Research. 30 (1): 27-65.
- Haugen, D. A. 1990. Control procedures for *Sirex noctilio* in the green triangle: Review from detection to severe outbreak (1977-1987). Australian Forestry. 53 (1): 24-32.
- Haugen, D. A.; Underdown, M. G. 1990. *Sirex noctilio* control program in response to the 1987 green triangle outbreak. Australian Forestry. 53 (1): 33-40.
- Iede, E. T. 1988. Estratégia de ação para a busca e controle de *Sirex noctilio* em *Pinus*. Curitiba: EMBRAPA-CNPq. 5 p.
- Iede, E. T.; Pentead, S. R. C.; Bisol, J. C. 1988. Primeiro registro de ataque de *Sirex noctilio* em *Pinus taeda* no Brasil. Circular Técnica 20. Curitiba: EMBRAPA-CNPq. 12 p.
- Iede, E. T.; Bedding, R. A.; Pentead, S. R. C.; Machado, D. C. 1989. Programa Nacional de Controle da vespa-da-madeira-PNCVM. Curitiba: EMBRAPA-CNPq. 10p.
- Kile, G. A.; Turnbull, C. R. A. 1974. Drying in the sapwood of *radiata pine* after inoculation with *Amylostereum areolatum* and *Sirex mucus*. Australian Forestry Research. 6 (4): 35-40.
- Madden, J. L. 1974. Oviposition behavior of the woodwasp, *Sirex noctilio* F. Australian Journal of Zoology. 22: 341-51.
- Madden, J. L. 1975. An analysis of an outbreak of the woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera:Siricidae), in *Pinus radiata*. Bulletin of Entomological Research. 65: 491-500.
- Madden, J. L. 1988. *Sirex* in Australia. In: Berryman, A.A. Dynamics of forest insect populations. Australia: Plenum Pub. Corp. 407-427.
- Miller, D.; Clark, A. F. 1935. *Sirex noctilio* F. and its parasite in New Zealand. Bulletin of Entomological Research. 26: 149-154.
- Morgan, D. F. 1968. Bionomics of Siricidae. Annual Review of Entomology. 13: 239-256.
- Morgan, F. D.; Stewart, N. C. 1966. The biology of the woodwasp *Sirex noctilio* (F.) in New Zealand. Transactions of the Royal Society of New Zealand. 7 (14): 195-204.
- Neumann, F. G. 1979. Insect pest management in Australian *radiata* pine plantations. Australian Forestry. 42: 30-38.
- Neumann, F. G.; Morey, J. L.; McKimm, R. J. 1987. The *Sirex* wasp in Victoria. Lands and Forest Division Bulletin. 29: 1-41.
- Nuttall, M. J. 1980. *Deladenus siricidicola* Bedding (Nematoda: Neotylenchidae): Nematode parasite of *Sirex*. Forests and Timber Insects in New Zealand. 48: 1-8.
- Rawlings, G. B. 1953. Insect epidemics on forest trees in New Zealand. New Zealand Journal of Forestry. 6 (5): 405-412.
- Rawlings, G. B.; Wilson, N. M. 1949. *Sirex noctilio* as a beneficial and destructive insect to *Pinus radiata*. New Zealand Journal of Forestry. 6:1-11.
- Rebuffo, S. 1990. La "Avispa de la Madera" *Sirex noctilio* F. en el Uruguay. Montevideo: Dir. For. 17 p.
- Smith, D. R. 1978. Hymenopterorum Catalogus-Suborder Symphita (Xyelidae, Pararchexyelidae, Parapamphiliidae, Xyelidae, Karatavidae, Gigasiridae, Sepulcidae, Pseudosiricidae, Anaxyelidae, Siricidae, Xiphydriidae, Paroryssidae, Xyelotomidae, Blastotomidae, Pergidae). Holland: W. Junk. 59-63.

- Spradbery, J. P.; Kirk, A. A. 1978. Aspects of the ecology of siricid woodwasps (Hymenoptera:Siricidae) in Europe, North Africa and Turkey with special reference to the biological control of *Sirex noctilio* F. in Australia. Bulletin of Entomological Research. 68: 341-359.
- Taylor, K. L. 1967. The introduction, culture, liberation and recovery of parasites of *Sirex noctilio* in Tasmania 1962-67. CSIRO. Paper 8. Melbourne: CSIRO. 19 p.
- Taylor, K. L. 1976. The introduction and establishment of insect parasitoids to control *Sirex noctilio* in Australia. Entomophaga. 21: 429-440.
- Taylor, K. L. 1981. The *Sirex* woodwasp: Ecology and control of an introduced forest insect. In: The ecology of pests: Some Australian case histories. Australia: CSIRO. 12: 231-248.
- Zondag, R. 1959. Progress Report on the Establishment in New Zealand of *Ibalia leucospoides* a parasite of *Sirex noctilio* . New Zealand Forestry Research Notes. 20: 1-9.
- Zondag, R. 1969. A nematode infection of *Sirex noctilio* F. in New Zealand. New Zealand Journal of Science. 12: 732-747.

Métodos de amostragem para avaliação dos níveis de ataque de *Sirex noctilio* em plantios de *Pinus taeda* e para monitoramento da eficiência de seus inimigos naturais

Susete do Rocio Chicrello Penteado, Edilson Batista de Oliveira, Edson Tadeu Iede

Resumo

Devido à grande ameaça que *Sirex noctilio* (vespa-da-madeira) representa para o setor florestal brasileiro, é de fundamental importância o seu monitoramento e de seus inimigos naturais. Assim, este trabalho teve como objetivos definir métodos de amostragem para avaliação populacional de *Sirex noctilio* e dos níveis de parasitismo de *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola* e *Ibalia leucospoides*. Para isso, foram instalados experimentos em povoamentos de *Pinus taeda* em Encruzilhada do Sul - RS e Lages - SC. Em cada local foram selecionadas cinco árvores atacadas por *S. noctilio*, as quais foram divididas em toretes e acondicionadas em gaiolas. Todos os adultos de *S. noctilio* que emergiram foram contados e dissecados sob lupa, para determinação da porcentagem de parasitismo por *B. siricidicola*. Os adultos de *I. leucospoides* foram contados, para o posterior cálculo da porcentagem de parasitismo. O estudo da distribuição dos insetos ao longo do tronco indicou que a região correspondente aos 30% iniciais do tronco, apesar de apresentar maior volume de madeira, é menos preferida por *S. noctilio* e seus inimigos naturais. A análise de resíduos indicou que a região compreendida entre 30% e 80% da altura total do tronco, ocorre menor dispersão dos dados observados em relação aos pontos estimados pela equação de regressão, sendo que, para melhor precisão dos resultados, os toretes devem ser coletados nesta região. Através da utilização de um modelo matemático de classificação hierárquica, foram elaboradas tabelas de coeficientes de variação, com as quais tornou-se possível o estabelecimento do

número de árvores e de toretes que deverão ser amostrados, levando-se em consideração, principalmente, o custo desta atividade e o espaço para o armazenamento das amostras. Para o estudo dos percentuais de ataque de *S. noctilio* em povoamentos de *P. taeda*, procurou-se definir um método de amostragem que priorizasse a redução dos custos e ao mesmo tempo oferecesse uma boa precisão dos resultados. Assim, a amostragem sequencial foi considerada a alternativa mais viável, por não apresentar um tamanho fixo de amostra, o qual é definido em função de resultados obtidos durante os levantamentos amostrais. Assim não ocorrem desperdícios com tamanhos excessivos e nem falta de precisão com tamanhos reduzidos da amostra. Isto propicia maior rapidez na obtenção dos resultados, economia de tempo e, consequentemente, redução dos custos da operação.

Introdução

No Brasil, de uma área total de aproximadamente cinco milhões de hectares reflorestados, cerca de dois milhões referem-se a plantios de *Pinus* spp. Na região Sul e estado de São Paulo estão localizados, aproximadamente, 1,2 milhões de hectares, constituídos, em sua maioria, pelas espécies *Pinus taeda* L. e *Pinus elliotii* Engelm., com as finalidades principais de suprir as indústrias de papel, celulose, chapas de partículas de madeira aglomerada, indústria de processamento de resina e também de produção de madeira serrada e lâminas.

Entretanto, devido à inadequação das práticas silviculturais, observa-se a existência de

extensas áreas reflorestadas em precárias condições fitossanitárias, tornando os plantios mais suscetíveis ao ataque de pragas e doenças, expondo-os a perdas imprevisíveis. Enquadra-se neste caso, a ocorrência da vespa-da-madeira, *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae), originária da Europa, Ásia e norte da África, e detectada pela primeira vez no Brasil em fevereiro de 1988 (Iede et al. 1988), atingindo em 1997, cerca de 250 mil hectares de povoamentos de *Pinus* spp. localizados nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

Para o controle desta praga, tem sido utilizado o nematóide, *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola* (Nematoda: Neotylenchidae), o qual esteriliza as fêmeas de *S. noctilio* e o parasitóide *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibalidae), que ataca ovos e larvas de 1º e 2º instar.

A deficiência de estudos relacionados aos aspectos amostrais de *S. noctilio*, tem dificultado a avaliação da população da praga e eficiência de seus inimigos naturais. Estas atividades, além de onerosas, requerem espaço para armazenamento das amostras o que, muitas vezes, inviabiliza o trabalho. Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de definir métodos de amostragens para a avaliação dos danos provocados pela vespa-da-madeira e monitoramento da eficiência dos seus inimigos naturais, levando-se em consideração o custo da atividade e a precisão dos resultados.

Material e métodos

Os dados foram coletados de material proveniente de Encruzilhada do Sul, RS e Lages, SC. Em cada local, foram selecionadas cinco árvores de *P. taeda* atacadas, as quais foram inoculadas com o nematóide. Posteriormente estas foram transferidas ao laboratório, divididas em toretes e acondicionados, individualmente, em gaiolas teladas.

Distribuição dos insetos ao longo do tronco de *Pinus taeda*

Para determinar a distribuição dos insetos ao longo do tronco de *P. taeda*, todos os adultos de *S. noctilio* e de *I. leucospoides* que emergiram, foram coletados, contados e os adultos de *S. noctilio* foram também dissecados e avaliados, sob lupa, para verificação de nematóides em seu aparelho reprodutor. O estudo da distribuição dos insetos ao longo do tronco de *P. taeda* foi realizado através da análise de regressão do número de adultos que emergiu de cada segmento do tronco de 1 m de comprimento sobre a altura relativa do respectivo segmento.

A análise de regressão foi realizada seguindo modelos polinomiais até 4º grau, tendo número de insetos como variável dependente e a altura

relativa, $\frac{h_i}{H}$, como variável independente, onde:

h_i = altura da árvore no ponto i

H = altura total da árvore

O modelo polinomial até 4º foi também utilizado para descrever a variação dos diâmetros ao longo do tronco. Neste caso

foram considerados a altura relativa $\frac{h_i}{H}$ como variável independente e os diâmetros relativos,

$\frac{d_i}{DAP}$, como variável dependente, onde:

d_i = diâmetro do tronco na altura h_i

DAP = diâmetro à altura do peito (1,3 m)

Este procedimento teve por objetivo estudar a ocorrência dos insetos também em relação ao afilamento do tronco.

Foi realizada uma análise de resíduos em porcentagem com base em Neter e Wasserman (1974), para determinar a variação do número de insetos de cada segmento em relação à posição que esse segmento ocupava ao longo do tronco.

Dimensionamento da amostra de *Pinus taeda*

O dimensionamento da amostra para avaliação populacional de *S. noctilio* e do parasitismo por *B. siricidicola* e *I. leucospoides*, foi realizado através de uma análise de variância, baseada no modelo misto de classificação hierárquica, a três estágios, conforme metodologia descrita por Snedecor e Cochran (1978) e Lima (1979).

O modelo foi definido por:

$$y_{ijk} = \mu + a_i + p_{ij} + t_{ijk}$$

onde:

Y_{ijk} = observação referente ao torete k, na posição j, da árvore i

μ = média da população

a_i = efeito da árvore i (i = 1,2,3,...,5)

p_{ij} = efeito da posição j (j = terços inferior, médio, superior) da árvore i

t_{ijk} = efeito do torete k (k = 1,2,3,...,7) na posição j, da árvore i

Para o dimensionamento da amostra, utilizando-se o modelo proposto, foram elaboradas tabelas de dupla entrada, com coeficientes de variação, considerando-se um número variável de árvores, de um a cinco, nas linhas, um número variável de toretes, de um a sete, nas colunas, e fixada a posição do tronco mais representativa, a qual foi previamente definida no estudo da distribuição dos insetos ao longo do tronco.

Nº de insetos e diâmetro relativo (di/D)100

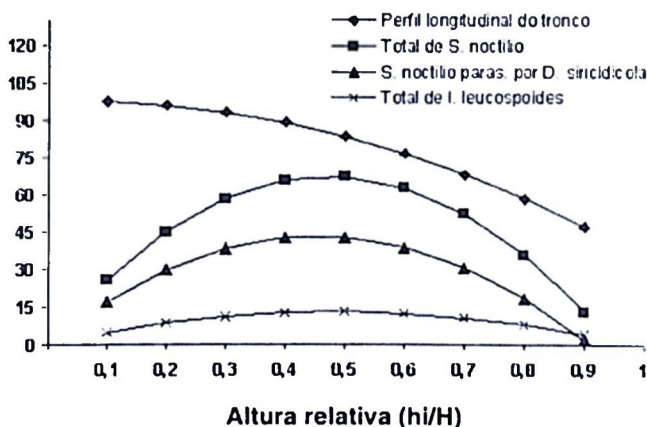


Figura 1. Relação entre o número total de *Sirex noctilio* e *Ibalia leucospoides*, com o afilamento do tronco de árvores de *Pinus taeda*. Encruzilhada do Sul, RS.

Amostragem sequencial para definição dos níveis de ataque de *Sirex noctilio* em *Pinus taeda*

Procurou-se definir um método para avaliar os percentuais de ataque de *S. noctilio* em povoamentos de *P. taeda* que priorizasse a redução dos custos e ao mesmo tempo oferecesse uma boa precisão dos resultados, onde a amostragem sequencial foi considerada a alternativa mais viável.

Os procedimentos teóricos foram baseados em Penteado et al. (1993) e Penteado (1995).

Resultados

Distribuição dos insetos ao longo do tronco de *Pinus taeda*

O modelo quadrático onde:

Numero de insetos = $a \left(\frac{hi}{H} \right) + b \left(\frac{hi}{H} \right)^2$ foi o de

melhor ajuste para caracterizar a distribuição do seu número em função da altura das árvores. Os resultados indicaram que a região do tronco correspondente aos 30% iniciais, apesar de concentrar maior volume de madeira, é menos preferida por *S. noctilio* e pelos seus inimigos naturais. A partir dos 30% iniciais, a distribuição dos insetos é regular e, proporcional ao diâmetro do tronco (Figuras 1 e 2).

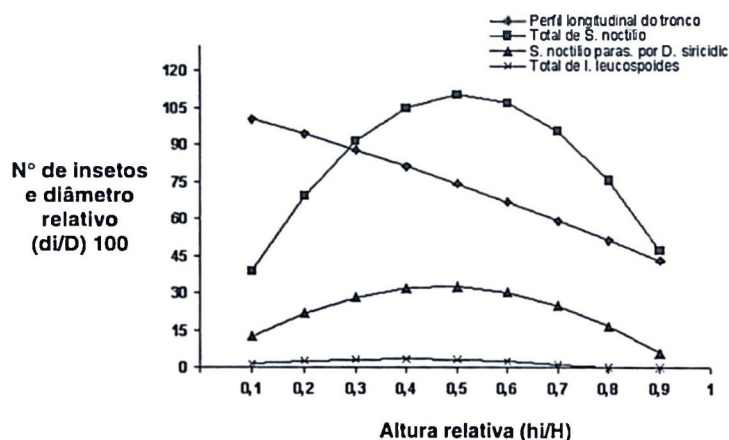


Figura 2. Relação entre o número total de *Sirex noctilio* e de *Ibalia leucospoides*, com o afilamento do tronco de árvores de *Pinus taeda*. Lages, SC

A não preferência dos insetos pelos 30% iniciais do tronco pode estar relacionado ao alto teor de umidade. A análise de umidade (Tabela 1) indicou que no primeiro terço da árvore, ocorrem as maiores porcentagens de umidade, com 86,40% em Encruzilhada do Sul e 96,23%, em Lages. A maior espessura da casca, nesta região, pode também ter funcionado como uma barreira física para a realização da postura, tanto de *S. noctilio* como de *I. leucospoides*.

Tabela 1. Dados de diâmetro à altura do peito (DAP), altura e teor de umidade (baseado no peso seco) referente às árvores de *Pinus taeda* selecionadas para inoculação do nematoide, *Deladenus siricidicola* em Encruzilhada do Sul, RS, e Lages, SC. 1993-1994

Local	DAP (cm)	Altura (m)	Teor de umidade (%)			Média
			Terço inferior	Terço médio	Terço superior	
Encruzilhada do Sul-RS						
Árvore 1	19,00	12,30	119,86	29,78	22,68	57,44
Árvore 2	18,70	9,70	64,15	29,77	23,17	39,03
Árvore 3	16,30	9,70	72,28	29,30	23,14	41,57
Árvore 4	20,40	11,30	80,07	31,61	23,64	45,11
Árvore 5	16,00	10,80	95,64	29,37	23,02	49,34
Média	18,08	10,76	86,40	29,97	23,31	46,50
Lages-SC						
Árvore 1	22,10	16,00	126,35	35,23	31,02	64,20
Árvore 2	19,70	14,80	59,73	38,80	29,32	42,62
Árvore 3	12,90	12,00	49,57	38,69	28,79	39,02
Árvore 4	27,60	15,30	146,80	50,40	33,11	76,77
Árvore 5	16,40	15,50	98,69	35,11	34,93	56,24
Média	19,74	14,72	96,23	39,65	31,43	55,77

Pela realização da análise de resíduos foi possível determinar (Figuras 3 e 4) que as amostras para avaliação da população de *S. noctilio* e para definição dos níveis de parasitismo de *B. siricidicola* e *I. leucospides*, deverão ser coletadas entre 30 e 80% da altura total da árvore (correspondente ao terço médio e metade inferior do terço superior da árvore), pois nesta região, a dispersão dos dados observados em relação aos pontos estimados, foi menor.

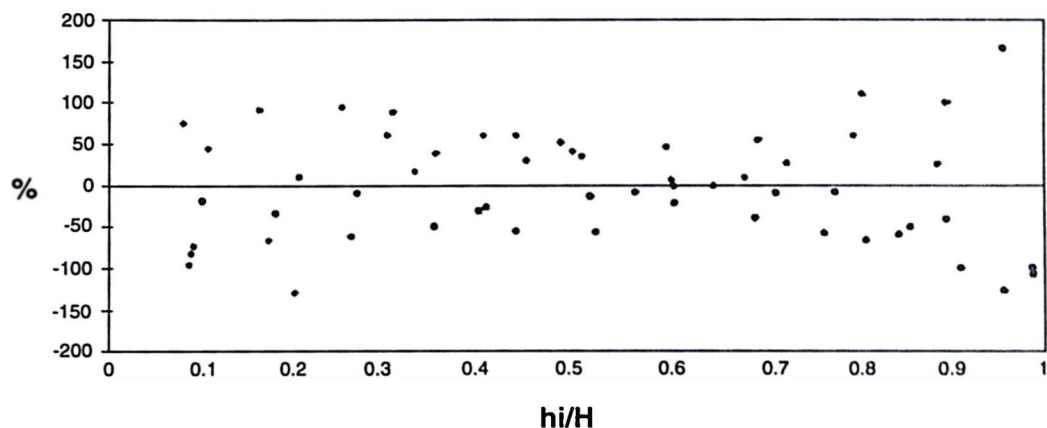


Figura 3. Resíduos da distribuição do número total de *Sirex noctilio* e de *Ibalia leucospides*, ao longo do tronco das árvores de *Pinus taeda* em Encruzilhada do Sul, RS.

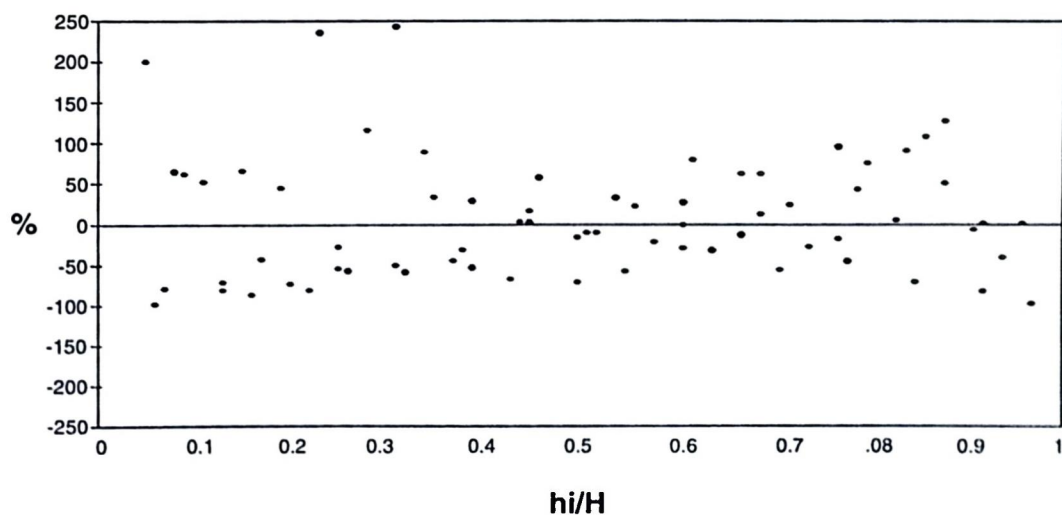


Figura 4. Resíduos da distribuição do número total de *Sirex noctilio* e de *Ibalia leucospides*, ao longo do tronco das árvores de *Pinus taeda* em Lages, SC.

Dimensionamento da amostra de *Pinus taeda*

Pela utilização da tabela da Tabela 2, a qual foi elaborada com diferentes dimensionamentos da amostra, é possível, pela prévia definição da precisão esperada dos resultados (valores do coeficiente de variação), o planejamento das atividades de monitoramento da praga e de seus inimigos naturais, pela determinação do número de árvores que deverão ser amostradas e o número de toretes, por árvore, a serem coletados.

A amostragem de três árvores e três toretes resulta em um CV próximo a 19% (Tabela 2), o qual pode ser considerado satisfatório para as condições de campo. Neste caso a amostra ficará composta por nove toretes (três toretes por árvore). Aumentando-se o número de árvores, pode-se reduzir o número de toretes, como pode ser verificado quando são amostradas cinco árvores, sendo necessário apenas um torete por árvore. A amostra final será composta por cinco toretes, quase a metade da amostra anterior e com um coeficiente de variação semelhante.

Tabela 2. Coeficientes de variação para o número total de *Sirex noctilio* e *Ibalia leucospoides*, em função do número variável de árvores e de toretes de *Pinus taeda*

Número de árvores	Número de Toretos						
	1	2	3	4	5	6	7
	Coeficiente de variação %						
1	43,17	35,85	33,04	31,55	30,62	29,98	29,52
2	30,53	25,35	23,36	22,31	21,65	21,20	20,87
3	24,94	20,71	19,09	18,23	17,69	17,33	17,06
4	21,59	17,92	16,52	15,77	15,31	14,99	14,76
5	19,34	16,06	14,81	14,15	13,73	13,45	13,24

A nível operacional, e possível escolher a opção mais conveniente, como por exemplo: quando o objetivo for a avaliação do parasitismo natural de *B. siricidicola*, cuja operação requer a derrubada das árvores para a coleta das amostras, é mais prática a opção pela amostragem de um menor número de árvores e maior número de toretes por árvore; quando o objetivo

Utilização da tabela de coeficiente de variação

Para a utilização da tabela de coeficiente de variação (CV), deve-se levar em consideração as facilidades operacionais para a condução do trabalho e o espaço disponível para o armazenamento das amostras. Em função destes aspectos, deve-se definir o CV que se deseja trabalhar e com o auxílio da tabela, determinar o número de árvores que deverão ser amostradas e o número de toretes a serem coletados.

for avaliar o parasitismo em árvores inoculadas com o nematóide, as quais foram abatidas anteriormente, não haverá muita diferença entre a escolha de um maior número de árvores ou de toretes. Entretanto, para os dois casos, quando o fator limitante for o espaço para o armazenamento das amostras, a escolha deverá ser feita em função do tamanho final da amostra.

Amostragem sequencial para definição dos níveis de ataque de *Sirex noctilio* em *Pinus taeda*

O método baseia-se na técnica da amostragem sequencial, onde a amostra não tem tamanho fixo, sendo o seu dimensionamento realizado em função dos resultados obtidos, à medida em que é feita a amostragem.

Através de uma tabela apropriada (Tabela 3) é possível verificar, a nível de campo, se o número de amostras é suficiente, ou se a amostragem deve continuar sendo realizada. Assim não ocorrem desperdícios com tamanhos excessivos e nem falta de precisão com tamanhos reduzidos da amostra. Isto propicia maior rapidez na obtenção dos resultados, economia de tempo e, conseqüentemente, redução dos custos da operação.

Tabela 3. Amostragem sequencial para definição do número de árvores atacadas por *Sirex noctilio* em povoamentos de *Pinus taeda*

Número de árvores amostradas	Número de árvores atacadas	
	Atacadas da amostra	Mínimo para interromper a amostragem
68		34
74		36
80		37
87		38
94		39
102		41
111		42
121		44
132		45
145		46
159		48
175		49
194		50
215		52
241		53
272		54
272		49
272		44
272		38
272		27
272		22
272		16
272		11
272		5
272		1

Utilização da tabela amostragem sequencial

- iniciar amostrando no mínimo 68 árvores
- anotar o número de árvores atacadas
- se o número de árvores atacadas da amostra for igual ou superior a 34, considerar a amostra completada
- se este número for inferior a 34, continuar o processo, amostrando mais 6 árvores, totalizando 74 árvores amostradas
- se o número de árvores atacadas for 36 ou mais, interromper a amostragem
- se este número for inferior, continuar até que seja obtido o número de árvores atacadas requerido na terceira coluna da tabela
- quando se atinge 272 árvores, deve-se interromper a amostragem. Utilizando-se para o cálculo da porcentagem de ataque, o número de árvores atacadas encontradas na amostra
- o percentual de árvores atacadas é calculado por:

$$\% \text{ de ataque} = \left(\frac{\text{número de árvores atacadas}}{\text{número de árvores amostradas}} \right)$$

Conclusões

- a região do tronco correspondente aos 30% iniciais, é menos preferida por *S. noctilio* e pelos seus inimigos naturais
- as amostras para avaliação da população de *S. noctilio* e para definição dos níveis de parasitismo de *B. siricidicola* e *I. leucospoides* em árvores de *P. taeda*, deverão ser coletadas na região compreendida entre 30% e 80% da altura do tronco, correspondendo, aproximadamente, ao terço médio e metade do terço superior da árvores
- a utilização da tabela de coeficiente de variação permite o planejamento das atividades de monitoramento da praga e de seus inimigos naturais, considerando a precisão dos resultados, armazenamento das amostras e custos da operação
- a utilização da amostragem sequencial para definição dos percentuais de ataque de *S. noctilio* em povoamentos de *P. taeda*, permite a obtenção de resultados com maior rapidez e a um custo mais baixo quando comparado à utilização de parcelas com tamanho fixo de amostras

Recomendações

- pela utilização da tabela de coeficientes de variação, é possível definir o número de árvores e de toretes a serem amostrados. Entretanto, a escolha das árvores é uma parte muito importante de todo o processo. Devido à ocorrência de variação entre árvores, quanto ao número de adultos de *S. noctilio* que emergem destas, é recomendável que durante a escolha das amostras, tenha-se o cuidado de coletar toretes com bastante respingos de resina, devido à postura de *S. noctilio*. Isto é importante para garantir a presença de um número razoável de insetos nestes toretes
- deve-se levar em consideração, também, para a utilização das tabelas de CV, que as variações existentes em um mesmo

plantio, tais como, solo, idade das plantas, manejo, etc., poderão interferir na precisão dos resultados, e se necessário, deverão ser coletadas amostras para as diferentes condições

- para a utilização da amostragem sequencial para definição dos percentuais de ataque de *S. noctilio* em povoamentos de *P. taeda*, deve-se sempre considerar a homogeneidade da área. Se ocorrerem variações dentro de um mesmo plantio, este deverá ser estratificado e ser realizada uma avaliação em cada estrato

Referências

- Iede, E. T.; Penteado, S. R. C.; Bisol, J. C. 1988b. Primeiro registro de ataque de *Sirex noctilio* em *Pinus taeda* no Brasil. (EMBRAPA-CNPFCircular Técnica 20) Colombo: EMPRABA-CNPFC.12 p.
- Lima, P. C. 1979. Método de amostragem para a avaliação do índice de infecção da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. E Br.). Piracicaba: Tese (Mestrado em Estatística e Experimentação Agrícola)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz". 65 p.
- Mendenhall, W. 1985. Probabilidade e estatística. Rio de Janeiro: Campus. 489 p.
- Neter, J.; Wasserman, W. 1974. Applied linear statistical models. Richard D. Irwin, Inc. 842 p.
- Penteado, S. R. C.; Oliveira, E. B.; Iede, E. T. 1993. Amostragem sequencial para determinação de níveis de ataque de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) em povoamentos de *Pinus* spp. In: Conferência regional da vespa-da-madeira, *Sirex noctilio*, na América do Sul; 1992; Florianópolis. Anais. Colombo: embrapa/fao/usda/funcema: 175-181.
- Penteado, S. R. C. 1995. Métodos de Amostragem para Avaliação Populacional de *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera, Siricidae) e de seus Inimigos Naturais, em *Pinus taeda* L. e Aspectos do Controle Biológico.

Curitiba: Tese (Mestrado em Ciências
Biológicas)-Setor de Ciências Biológicas,
Universidade Federal do Paraná. 131 p.

Snedecor, G. W.; Cochran, W. G. 1978. Métodos
Estadísticos. Companhia Editorial Continen-
tal, S.A. México. 703 p.

Aspectos bioecológicos de *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae) e de seu parasitóide *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibalidae)

Wilson Reis Filho, Edson Tadeu Iede; Susete do Rocio Chiarello Penteadó

Resumo

As observações foram realizadas utilizando-se toretes infestados no campo coletados em março/95 e mantidos em condições ambientais não controladas. Constatou-se que a ocorrência de *Sirex noctilio* e seu parasitóide *Ibalia leucospoides*, referente ao ciclo curto, deu-se de 8 de abril a 1 de junho/95. Estes mesmos toretes produziram a geração de ciclo longo, cuja emergência foi de 14 de outubro à quatro de fevereiro. O comprimento médio do corpo dos adultos de ciclo curto foi de 13,84 cm no caso das fêmeas e 10,71 cm para os machos de *S. noctilio*. Os adultos de *I. leucospoides* deste mesmo ciclo apresentaram 10,06 cm e 9,35 cm para fêmeas e machos respectivamente. O índice de parasitismo foi de 4,85%. Os adultos de ciclo longo mediram em média 26,35 cm as fêmeas e 22,53 cm os machos de *S. noctilio*. Fêmeas e machos de *I. leucospoides* mediram 12,05 cm e 10,15 cm, respectivamente. O índice de parasitismo, neste ciclo foi de 23,45%. Verificou-se que a temperatura de 8°C foi a mais recomendada para o armazenamento de *I. leucospoides*, permitindo a sobrevivência de 100% até 35 dias, estendendo-se a longevidade, sob condições ambientais não controladas, por, em média 15,30 dias. Observou-se também que a alimentação não influenciou na longevidade de *I. leucospoides* e que em qualquer uma das dietas testadas, a temperatura de 12°C foi a que proporcionou a maior longevidade (80,20 dias).

Introdução

A vespa-da-madeira, *Sirex noctilio* F. 1793, originária da Europa, Ásia e norte da África (Morgan 1968). Foi constatada no sul do Brasil nos municípios de Gramado e Canela RS em

1988 (Iede et al. 1988; Pedrosa-Macedo 1988). Constitui-se em séria ameaça para o setor florestal do país, tendo já alcançado os estados de Santa Catarina e Paraná.

Devido à importância do inseto, as empresas privadas e instituições públicas criaram o Fundo Nacional de Controle à vespa-da-madeira (FUNCEMA), cujo objetivo principal é o financiamento do Programa Nacional de Controle à vespa-da-madeira (PNCVM) (Iede et al. 1989).

Entre as medidas utilizadas para o controle de *S. noctilio*, por tratar-se de uma espécie exótica, deu-se ênfase ao controle biológico, particularmente à utilização do nematóide *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola*. Além disso, o PNCVM previa a introdução de *Ibalia leucospoides* (Hochenwarth), *Rhyssa persuasoria* (L.) e *Megarhyssa nortoni* (Cresson), por serem espécies com melhores possibilidades de se adaptar às condições brasileiras (Iede et al. 1989). Com a constatação da introdução acidental de *I. leucospoides* em 1990, abriu-se a possibilidade de novos avanços no controle da vespa-da-madeira.

Neste estudo pretendeu-se verificar a flutuação populacional de adultos de *Sirex noctilio* e de *I. leucospoides* em dois períodos de emergência (ciclo anual e ciclo curto), bem como, a influência da temperatura e da alimentação na longevidade de *I. leucospoides*.

Revisão bibliográfica

Mesmo antes da vespa-da-madeira ter sido constatada no sul da Tasmânia, em 1952, já era reconhecida como uma séria ameaça aos plantios de *Pinus* na Austrália, por ter causado danos consideráveis em *P. radiata* na Nova

Zelândia. Em 1961, *S. noctilio* foi detectada no continente australiano, onde optaram pelo desenvolvimento de um Programa de Controle Biológico, que teve como objetivo a coleta de parasitóides nos locais de origem da praga, a sua criação em laboratório e a liberação no campo (Taylor 1976).

Um dos grupos de parasitóides utilizados para o controle de siricídeos, são os Ibalidae, os quais atacam os ovos e/ou larvas de primeiro ou segundo instar, principalmente por apresentarem ovipositor curto. São atraídos para os orifícios de postura de *Sirex* somente quando o fungo simbionte começa a crescer e isto coincide com a eclosão dos ovos do hospedeiro. (Madden 1968; Spradbery 1974). O período larval apresenta quatro instares, sendo que três deles ocorrem no interior da larva hospedeira e o quarto nas galerias da madeira (Nutall 1980). Os machos iniciam a emergência poucos dias antes das fêmeas, sendo os adultos pequenos, variando de 5,0 mm a 16,0 mm (Nutall 1980). De acordo com Taylor (1967), *I. leucospoides* dispersa-se a longas distâncias, reproduzindo-se intensamente quando atinge novas áreas.

O gênero *Ibalia* é o único endoparasitóide de larvas de Siricidae encontrado em áreas florestadas na Europa, Ásia e América do Norte (Weld 1952).

Segundo Weld (1952), Rebuffo (1990), Carvalho (1993), e Klasmer (1996), *I. leucospoides* ocorre atualmente nos seguintes países: França, Inglaterra, Alemanha, Áustria, Rússia, Nova Zelândia, Austrália incluindo a Tasmânia, Uruguai, Argentina, e Brasil.

Conforme Weld (1952), são hospedeiros de *I. leucospoides*: *Sirex juvencus*, *S. noctilio*, *S. cyaneus*, *Urocerus gigas* e possivelmente *Xeris spectrum*.

A utilização de parasitóides no controle biológico de *S. noctilio* iniciou-se na Nova Zelândia em 1928, com o sucesso da introdução de *Rhyssa persuasoria*, coletado na Europa (Chrystal 1930; Hanson 1939). Neste mesmo ano, *I. leucospoides* foi introduzida na Inglaterra e seu estabelecimento foi constatado somente em 1957, após uma segunda introdução em 1950 (Zondag 1959). De acordo com Taylor

(1976; 1981), *I. leucospoides* foi introduzida na Tasmânia entre 1959/60, através de coletas na Nova Zelândia.

Na América do Sul, *I. leucospoides* foi constatada primeiramente no Uruguai, em 1984, parasitando em média, 24 % da população de *S. noctilio* (Rebuffo 1988); na Argentina, em 1993/94 e segundo Klasmer (1996), o índice de parasitismo alcançou 20 %. No Brasil, o parasitóide foi detectado em 1990, controlando até 29,05 % da praga (Carvalho 1992). Em nenhum destes locais houve liberação intencional de *I. leucospoides* (Iede comunicação pessoal).

No Brasil este parasitóide ocorre em quase todas as áreas onde está presente o seu hospedeiro. Em alguns casos, foram realizadas criações em laboratório e liberações em campo, por parte das empresas reflorestadoras, com o objetivo de introduzir o parasitóide em áreas onde ele ainda não estava presente ou na tentativa de melhorar os níveis de parasitismo (Penteado 1996).

Em muitas árvores o crescimento do fungo simbionte ocorre em três a cinco semanas. Mas em alguns casos, devido à alta umidade da madeira, o desenvolvimento do fungo é retardado e a eclosão dos ovos de *Sirex* pode demorar mais de 12 meses. (Spradbery 1974, citado por Taylor 1976).

Carvalho (1992), verificou que a duração do ciclo curto de *I. leucospoides* no Brasil, desde ovo até a emergência do adulto, foi de 90 a 95 dias. Já Chrystal (1930), verificou, na Inglaterra, em clima temperado, que a duração deste período não foi inferior a três anos.

Segundo Taylor (1966), *I. leucospoides* é um dos mais eficientes parasitóides de *S. noctilio*, devido à sua alta capacidade reprodutiva, independente de existir alimento disponível.

Para a criação massal de *I. leucospoides* recomenda-se a utilização de toretes de *Pinus taeda* de um metro de comprimento e 15 a 20 cm de diâmetro, que receberam postura de *S. noctilio*. Estes toretes devem ser oferecidos a casais de *I. leucospoides*, previamente acasalados em frascos de vidro,

preferencialmente em câmara climatizada a 25°C e 70% U.R. O Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (CNPQ)/EMBRAPA recomenda que, em função da emergência de machos de *I. leucospoides* ocorrer alguns dias antes que as fêmeas, deve-se estocá-los sob temperatura de 4 a 6°C, por até quatro semanas, a medida que formam-se os casias.

Carvalho (1992) encontrou que a temperatura ambiente, *I. leucospoides*, quando alimentada com mel e água, apresentou uma longevidade média de 15 dias para machos e 25,1 dias para fêmeas, enquanto que, a longevidade dos não alimentados foi de 15,2 e 15,9 dias para machos e fêmeas, respectivamente. Entretanto, Taylor (1967) ao oferecer mel e passas, como alimento a adultos de *I. leucospoides* e *I. ensiger*, verificou que estes raramente alimentavam-se. A oviposição não foi afetada pela ausência de alimento ou água.

Material e métodos

Os exemplares de *Ibalia leucospoides* utilizados neste estudo foram obtidos a partir de toretes de *Pinus taeda* de 80 cm de comprimento, atacados por *Sirex noctilio*, coletados em São José do Cerrito, SC, em março de 1995. Os toretes foram colocados em tambores de 200 litros e cobertos com tela, para o registro da emergência dos adultos. Estes tambores foram mantidos no laboratório de entomologia da EMBRAPA Florestas, em condições ambientais não controladas (média de 20°C de temperatura e 68 ± 10 % de U.R.).

A determinação da influência da temperatura e do período de armazenamento foi realizada utilizando-se 10 adultos por tratamento, individualizados em frascos de baquelite de 5 cm de altura por 4 cm de diâmetro. Foram testadas as temperaturas de 0, 4, 8 e 12°C, durante os períodos de 5, 10, 25, 30 e 35 dias de armazenamento. Foram utilizadas estufas incubadoras BOD que apresentavam uma variação de até ±1°C.

A influência da alimentação na longevidade de *I. leucospoides* foi observada oferecendo-se proteína hidrolizada a 5 %, mel a 20 % e somente água, a adultos recém emergidos, sob

as temperaturas de 12°C, 25°C e temperatura ambiente.

Resultados e discussão

Flutuação populacional de *Sirex noctilio* e de *Ibalia leucospoides*

O período de emergência de *Ibalia leucospoides* e *Sirex noctilio*, referente ao ciclo curto, ocorreu de 8 de abril a 1º de junho. A partir dos mesmos toretes, obteve-se os indivíduos de ciclo longo, cuja emergência ocorreu de 14 de outubro a 4 de fevereiro. Iede et al. (1993); Carvalho (1992) e Carvalho et al. (1993), encontraram um período de emergência menos prolongado para as duas espécies, ou seja, de novembro a maio. Esta diferença pode ser atribuída à temperatura média do ano, à data de coleta dos toretes atacados, bem como, ao diâmetro e as condições de armazenamento dos toretes.

O comprimento médio do corpo dos adultos de *S. noctilio* de ciclo curto foi de 10,71 cm e 13,84 cm para machos e fêmeas, respectivamente, sendo a proporção sexual de 1:5,5. Neste mesmo ciclo, *I. leucospoides* apresentou, em média, 9,35 cm e 10,36 cm de comprimento, para machos e fêmeas, na proporção sexual de 1:8,5. Neste período, o índice de parasitismo foi de 4,85%.

Os adultos de *S. noctilio* de ciclo longo, apresentaram 22,53 cm de comprimento (machos) e 26,35 cm (fêmeas). Quanto a *I. leucospoides*, os machos mediram 10,15 cm e as fêmeas 12,05 cm. O índice de parasitismo neste ciclo foi de 23,45 %, próximo aos índices encontrados por Carvalho (1992) e Penteadó (1995).

Menos que 10 % dos indivíduos obtidos nos dois ciclos emergiram no primeiro ciclo, apresentando-se de tamanho muito reduzido, não sendo recomendável utilizá-los para a criação massal do parasitóide. Pelos mesmos motivos, a produção de parasitóides de ciclo curto para a liberação direta no campo não é recomendável (Tabelas 1, 2, e 3).

Tabela 1. Número de adultos e proporção sexual de *Sirex noctilio* e *Ibalia leucospoides*, provenientes de toretes de *Pinus taeda* coletados em março/1995. São José do Cerrito SC. 1996.

data da coleta	períodos de emergência	<i>Sirex noctilio</i>			<i>Ibalia leucospoides</i>		
		macho	fêmea	proporção sexual	macho	fêmea	proporção sexual
março 1995	abril á julho 1995	349	63	1:5.5	12	8	1:1.5
março 1995	out. 1995 - fev. 1996	4,384	516	1:8.5	757	392	1:1.9

Tabela 2. Porcentagem de parasitismo de *Sirex noctilio* por *Ibalia leucospoides*, provenientes de toretes de *Pinus taeda*, coletados em março/1995. São José do Cerrito SC. 1996.

data da coleta amostras	períodos de emergência	% parasitismo
março 1995	abril á junho 1995	4,85
março 1995	out. 1995 - fev. 1996	23,45

Tabela 3. Comprimento médio de adultos de *Sirex noctilio* e de *Ibalia leucospoides*, provenientes de toretes de *Pinus taeda*, coletados em março/1995. São José do Cerrito SC. 1996.

data da coleta das amostras	períodos de emergência	<i>Sirex noctilio</i>				<i>Ibalia leucospoides</i>			
		macho		fêmea		macho		fêmea	
		Comp. (cm)	D.P.	Comp. (cm)	D.P.	Comp. (cm)	D.P.	Comp. (cm)	D.P.
março 1995	abril á julho 1995	10,95	1,71	13.83	1,72	9,35	0,94	10,36	1,14
março 1995	out. 1995 - fev. 1996	23,60	4,43	26.35	5,11	10,15	1,08	12,05	1,38

Influência da temperatura e do período de armazenamento na longevidade de *Ibalia leucospoides*

A temperatura de 8° C, por ter mantido a sobrevivência de 100 % de *I leucospoides*, até 35 dias, apresentou-se como a mais indicada para o armazenamento, permitindo a sobrevivência por, em média, mais 15,3 dias, sob condições não controladas de temperatura e umidade.

Ao se comparar a influência das temperaturas de 12° C, 25° C e temperatura ambiente, verificou-se que na temperatura de 12° C, a

longevidade média foi de 80,2 dias, significativamente superior às demais. O tipo de dieta, no entanto, não influenciou na longevidade de *I leucospoides*, o que concorda com Taylor (1976) e não confere com os resultados encontrados por Carvalho et al. (1992), que verificou um aumento de 10,1 dias na longevidade de fêmeas, quando alimentadas com uma solução de mel a 20 %.

Referência

- Carvalho, A. G. 1992. Bioecologia de *Sirex noctilio* Fabricius, 1793 (Hymenoptera, Siricidae) em povoamentos de *Pinus taeda* L. Curitiba: Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 127 p.
- Carvalho, A. G. 1993. Aspectos biológicos de *Ibalia leucospoides* (Hochewarth), Hymenoptera, Ibalidae). In: Conferência regional da vespa-da-madeira, *Sirex noctilio*, na América do Sul. (1992: Florianópolis). Anais. Colombo: EMBRAPA/FAO/USA/FUNCEMA. 11-120.
- Chrystal, R. N. 1928. Studies of *Sirex* parasites. The Empire Forestry Journal. 2 (7): 145-154
- EMBRAPA-CNPq. Metodologia para criação massal de *Ibalia leucospoides*. Folder. Colombo PR.
- Hanson, H. S. 1939. Ecological notes on the *Sirex* woodwasps and their parasites. Bulletin of Entomological Research. 30 (1): 27-65
- Iede, E. T.; Penteado, S. R. C.; Bisol, J. C. 1988. Ocorrência de ataque de siricídeos (Hymenoptera: Siricidae) em *Pinus taeda* L. no estado do Rio Grande do Sul. In: Congresso Florestal do Paraná, 2. Anais. Curitiba: Instituto Florestal do Paraná 2 p.
- Klasmer, P. 1996. Estudios sobre *Ibalia leucospoides* (Hymenoptera: Ibalidae) para el control biológico de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) en la region Andino-Patagonica, Argentina. V Simpósio de Controle Biológico. Resumos. 353 p.
- Madden, J. L. 1968. Behavioral responses of parasites to the symbiotic fungus associated with *Sirex noctilio* F. Nature. 218 (13): 189-190.
- Pedrosa-Macedo, J. H.; Siqueira, J. D. P.; Marques, E. N. 1988. Vespa-da-madeira em *Pinus taeda*. In: Congresso Florestal do Paraná, 2. Encontro paranaense de engenheiros florestais. 3. Anais dos resumos. Curitiba: Instituto Florestal do Paraná. 14 p.
- Penteado, S. R. C. 1996. Métodos de amostragem para avaliação populacional de *Sirex noctilio* F., Hymenoptera, Siricidae) e de seus inimigos naturais, em *Pinus taeda* L. e aspectos do controle biológico. Curitiba: Tese (Mestrado em Ciências Biológicas)-Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. 131 p.
- Rebuffo, S. 1988. La avispa de la madera" *Sirex noctilio* F. en el Uruguay. Montevideo: Ministério e Ganaderia, Agricultura y Pesca, Dirección Forestal. 14 p. [Serie Protection Forestal I(1)]
- Spradbury, J. P. 1974. The responses of *Ibalia* species (Hymenoptera, Ibalidae) to the fungal symbiont of Siricidae woodwasp host. Journal of Entomology. 48 (2): 217-22.
- Taylor, K. L. 1976. The introduction and establishment of insect parasitoids to control *Sirex noctilio* in Australia. Entomophaga, Paris. 21 (4): 429-440.
- Taylor, K. L. 1981. The *Sirex* woodwasp: Ecology and control of an introduced forest insect. In: Kitching, R. L.; Jones, R. E. eds. The ecology of pests: Some Australian case histories. Melbourne: CSIRO
- Taylor, K. L. 1967. The Introduction, culture, liberation and recovery of parasites of *Sirex noctilio* in Tasmania. Technical Paper N° 8. Division of Entomology.
- Weld, L. H. 1952. Cynipoidea (Hym.): 1905-1950. Michigan: Privately Printed 150 p.

Manejo florestal para prevenção e controle de *Sirex noctilio* em *Pinus taeda*

Edilson Batista de Oliveira; Susete do Rocio Chiarello Penteado; Edson Tadeu Iede.

Resumo

A prevenção e o controle de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) têm sido realizados através do manejo integrado envolvendo o monitoramento para detecção precoce pelo uso de árvores-armadilha, práticas silviculturais e utilização de inimigos naturais, como o nematóide *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola*. Uma medida comumente utilizada em plantios com níveis de ataque superiores a 50% é o corte raso imediato, isto porque, a realização de desbastes, com a remoção das árvores atacadas poderia deixar o povoamento sub-estocado, tornando antieconômica a sua condução até idades avançadas. Neste trabalho, foram avaliados em termos técnicos e econômicos, os efeitos de diferentes percentuais de ataque de *S. noctilio* no crescimento e produção de *Pinus taeda*. Foram utilizados dados obtidos por simulação de crescimento e produção de florestas com idades de 12 e 16 anos, e percentuais de ataque variando de 0 a 70%. O estudo comparou, para cada nível de ataque, a rentabilidade econômica do corte raso imediato, com o prolongamento da idade de rotação da floresta até 20 a 30 anos. Para o prolongamento da idade de rotação, foi considerada a aplicação do controle integrado preconizado. O estudo indicou que as florestas atacadas, mantidas com idade superior a 20 anos e submetidas ao manejo integrado, tendem a apresentar maiores rentabilidades econômicas do que o corte raso por ocasião do ataque, mesmo para percentuais de ataque superiores a 50%.

Introdução

O total da área reflorestada no Brasil é de aproximadamente cinco milhões de hectares e, destes, cerca de dois milhões referem-se a plantios de *Pinus* spp. Na região Sul e estado

de São Paulo estão localizados aproximadamente 1,2 milhões de hectares, constituídos, em sua maioria, pelas espécies *Pinus taeda* L. e *Pinus elliotii* Engelm., com as finalidades principais de suprir as indústrias de papel, celulose, chapas de partículas de madeira aglomerada, indústria de processamento de resina e também de produção de madeira serrada e lâminas.

Entretanto, a existência de reflorestamentos implantados em regime de monocultura e a inadequação das práticas silviculturais, têm resultado em extensas áreas reflorestadas, em precárias condições fitossanitárias, tornando-as suscetíveis ao ataque de pragas. Desta forma, a espécie *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae), que foi constatada pela primeira vez no Brasil, em fevereiro de 1988, adaptou-se rapidamente, atingindo em 1996, cerca de 200 mil hectares dos povoamentos de *Pinus* spp. localizados nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

Pela preferência em atacar árvores debilitadas, que normalmente encontram-se na condição de dominada, o controle silvicultural, através da realização de desbastes nas épocas adequadas é a forma mais adequada para prevenir ou minimizar os danos provocados por esta praga. Uma prática comumente utilizada em plantios com níveis de ataque superiores a 50% é o corte raso imediato, em função de que a utilização de medidas de controle biológico pode não ser efetiva em tais condições. Além disso, os danos provocados por *S. noctilio* causam a mortalidade das árvores atacadas, e desbastes muito drásticos podem levar o povoamento à sub-estocagem de madeira, afetando a produção final.

Este trabalho teve por finalidade estudar os efeitos de diferentes percentuais de ataque de

S. noctilio, no crescimento e produção de *P. taeda* e avaliar, em termos técnicos e econômicos, a recuperação destes povoamentos, pela utilização de práticas silviculturais e de controle biológico.

Revisão de literatura

Árvores mais susceptíveis ao ataque de *Sirex noctilio*

Para Chrystal (1928), o gênero *Sirex* não pode ser considerado uma praga primária, pois, outros fatores devem contribuir, inicialmente, para que a árvore se torne atrativa e apresente as condições adequadas para o desenvolvimento do inseto.

De acordo com Madden (1975), as árvores preferidas inicialmente por *S. noctilio* são aquelas que apresentam um menor diâmetro e encontram-se na condição de dominada, embora tenha sido constatado também, o ataque em árvores dominantes.

Neumann et al. (1987) verificaram que os plantios mais suscetíveis ao ataque de *S. noctilio*, geralmente, possuem mais de 12 anos e encontram-se sob estresse. De acordo com Mendes (1992), a curva de crescimento de *P. taeda* apresenta maior incremento a partir dos doze anos. Assim, se um povoamento é atacado nesta fase, e submetido a um corte raso antecipado, ele deixará de produzir cerca de 60 % da madeira esperada e a madeira retirada terá um alto custo de produção.

Conforme Neumann et al. (1987), as árvores capazes de resistir ao ataque de *S. noctilio* são aquelas que não tenham sofrido nenhum tipo de dano físico e que tenham crescido em condições adequadas.

Medidas para prevenção e controle de *Sirex noctilio*

Para Neumann et al. (1987), o ataque de *S. noctilio* é um problema originado, principalmente, pela utilização de práticas silviculturais inadequadas e recomendam as seguintes medidas de prevenção e controle:

- realizar desbastes nas épocas certas, a fim de reduzir a competição entre árvores e permitir a remoção das árvores dominadas, bifurcadas, deformadas e danificadas
- não realizar operações de desbaste e poda alta em períodos imediatamente anteriores à época de emergência de insetos adultos
- evitar a implantação de povoamentos de *Pinus* spp. em terrenos íngremes, o que dificulta a realização das práticas silviculturais
- minimizar as lesões às árvores durante a realização das práticas silviculturais

Ure (1949) citado por Sutton (1984) desenvolveu um regime silvicultural para plantios de *P. radiata* na Nova Zelândia, recomendando a realização de desbastes ralos e frequentes para manter o vigor das plantas e reduzir a competição, sendo que os princípios básicos deste regime de desbaste formou a base das práticas silviculturais utilizadas posteriormente na Nova Zelândia.

Conforme Taylor (1981), o ataque de *S. noctilio* pode ser minimizado se os plantios forem localizados em sítios de boa qualidade e com um manejo adequado, para manter o vigor das plantas, reduzindo desta forma, o índice de mortalidade nos estágios iniciais de ataque.

Neumann et al. (1987) verificaram, em um povoamento de *P. radiata*, não desbastado, com 17 anos, que as árvores com diâmetro abaixo de 23 cm apresentaram maior mortalidade, enquanto que as com diâmetro acima de 26 cm, foram menos atacadas. Árvores com diâmetro superior a 35 cm permaneceram sadias e árvores bifurcadas foram significativamente mais susceptíveis ao ataque.

De acordo com Neumann et al. (1987), a média de tamanho de árvores susceptíveis aumenta progressivamente quando um ataque é mantido por vários anos no mesmo povoamento.

Material e Métodos

Percentuais de ataque e característica dos povoamentos estudados

Foram estudados os percentuais de árvores atacadas nas proporções dos 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 70%, em dois povoamentos de *Pinus taeda*, ambos com índice de sítio (dado pela projeção da altura dominante aos 15 anos) de 21,0 m. O primeiro povoamento com 12 anos de idade, 1850 árvores/ha, área basal de 52m²/ha e o segundo, com 16 anos, 1700 árvores/ha, área basal de 60m²/ha. Foram consideradas as operações de monitoramento e controle biológico com o nematóide (na proporção de 20% das árvores atacadas do povoamento), durante um período de 5 anos.

Dados de crescimento, produção e sortimento de madeira

Os dados de crescimento e produção de *P. taeda*, bem como de sortimento de madeira para usos múltiplos, foram obtidos por simulação, através do software Sispinus Versão 2.1. Este software gera, a partir de informações e mensurações de um povoamento de *P. taeda* em idade jovem, tabelas com a prognose do crescimento e produção, para qualquer idade e, também, tabelas de prognose da produção por classes de diâmetro, para múltiplas finalidades industriais, das árvores provenientes de desbastes e do corte final (Oliveira, 1995).

Regimes de manejo adotados

No primeiro povoamento, o regime de manejo planejado consistiu de dois desbastes, sendo o primeiro aos 12 anos (desbaste sistemático com a remoção de uma linha em cada quatro linhas de árvores, seguido da remoção seletiva das árvores atacadas e daquelas com menores diâmetros, até atingir 925 árvores/ha); e o segundo aos 16 anos com a remoção seletiva das árvores atacadas e das árvores com menor diâmetro, deixando-se 450 árvores/ha.

No segundo povoamento foi realizado um desbaste aos 16 anos (desbaste sistemático com a remoção de uma linha em cada três linhas de

árvores, seguido da remoção seletiva das árvores atacadas e daquelas com menor diâmetro, até atingir 900 árvores/ha, e o segundo aos 19 anos, também com a remoção das árvores atacadas e das com menor diâmetro, deixando-se 450 árvores/ha.

Em ambos os casos o desbaste realizado poderá exceder a intensidade planejada por remover todas as árvores atacadas pela vespa-da-madeira.

As idades estudadas para o corte final das árvores foram de 20 a 30 anos, com intervalos de 2 anos.

Foi estipulado que 2/3 das árvores atacadas pertenciam às menores classes diamétricas, e que as demais distribuíam-se casualmente no restante do povoamento. Assim, após a aplicação do desbaste sistemático de linhas inteiras de árvores, no desbaste das remanescentes, foi considerada também a aplicação de nematóides em 20% das árvores atacadas e a remoção das demais árvores atacadas, de acordo com a relação 2/3 e 1/3.

As dimensões das toras para diferentes finalidades industriais e os preços referentes ao mercado de Curitiba - PR, em agosto de 1996, estão especificados na Tabela 1.

Tabela 1. Dimensões de toras e preços por M³ de madeira para diferentes finalidades industriais

Finalidade Industrial	Diâmetro Mínimo (cm)	Comprimento (m)	Preço US\$/m ³
Laminação	25,0	2,4	24,56
Serraria	15,0	2,4	16,87
Celulose	8,0	1,2	10,64
Energia	--	--	6,00

Os custos de produção são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Custos para a produção de madeira de <i>Pinus</i> spp. na região de Curitiba-PR (Agosto de 1995)	
A. Implantação do povoamento	US\$ 600/ha
B. Exploração	
1. Corte das árvores	US\$ 0,98/m³
2. Desgalhamento	US\$ 0,18/m³
3. Extração	US\$ 1,00/m³
4. Traçamento	US\$ 0,16/m³
5. Carregamento	US\$ 0,71/m³
6. Transporte	US\$ 2,30/m³
7. Descarregamento	US\$ 0,67/m³
C. Administração	US\$ 20/ha/ano
D. Manutenção	
1. 1º ano	US\$ 150/ha
2. 4º ano	US\$ 50/ha
3. 9º ano	US\$ 40/ha
E. Operações de monitoramento e controle de <i>S. noctilio</i>	US\$ 30/ha/5 anos

Avaliação da rentabilidade econômica

Para a avaliação da rentabilidade econômica foi utilizado o software Planin Oliveira (1997), tendo por base o método do Valor Anual Equivalente (VAE) em que o Valor Presente Líquido de um fluxo financeiro a uma Taxa Mínima de Atratividade é transformado em uma série uniforme anual equivalente.

Resultados e discussão

A realização de desbastes sistemáticos de linhas inteiras com o seletivo nas remanescentes é constante entre os produtores de *Pinus*, principalmente por facilitar as operações de corte e retirada das árvores. Esta prática foi mantida em todas as

simulações estudadas, entretanto, se o produtor optar apenas por desbastes seletivos, retirando as árvores atacadas e as de diâmetros inferiores, ele pode conseguir maior produção madeireira, principalmente em povoamentos com percentuais de ataque em que o desbaste previsto é insuficiente para retirar todas as árvores atacadas.

Os resultados obtidos para os dois povoamentos estudados são apresentados a seguir.

Povoamento com ataque aos 12 anos

Para percentuais de ocorrência de *S. noctilio* de até 30%, o desbaste sistemático, seguido de seletivo, aos 12 anos, foi suficiente para remover todas as árvores atacadas. Entretanto, a partir de 40% de ataque, a remoção de todas as árvores atacadas fez com que o número de árvores remanescentes por hectare, após o desbaste, ficasse inferior aos 925 previstos.

As prognoses de produção para idades de corte final de 20 a 30 anos, em função de diferentes níveis de ataque, estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Valores do crescimento e produção de madeira (m³/ha) de <i>Pinus taeda</i> para exemplo 1, sem ataque de <i>Sirex noctilio</i>								
Idade (anos)	Altura dominante (m)	N/ha	Diâmetro médio (cm)	Altura média (m)	Área basal (m²)	Volume total (m³)	IMA (m³)	ICA (m³)
12	17,7	1850	19,0	15,2	52,4	372,0	31,0	31,0
Desbaste pela remoção de 1 linha em cada 4 linhas e, em seguida, desbaste pela remoção de 463 árvores								
		925	21,0	15,9	32,0	233,4	Removido=	138,6
14	20,0	918	22,8	17,8	37,7	313,8	32,0	38,2
16	22,1	907	24,6	19,6	43,0	395,0	33,1	40,6
Desbaste pela remoção de 457 árvores								
		450	27,4	20,6	26,5	254,1	Removido=	140,9
18	23,7	449	28,9	22,4	29,4	308,0	32,6	26,9
20	25,6	447	30,7	24,1	33,2	375,7	32,8	33,8
22	27,4	444	32,4	25,6	36,5	440,4	32,7	32,1
24	29,1	441	33,8	27,2	39,5	505,1	32,7	32,3
26	30,6	436	35,1	28,6	42,1	567,7	32,6	31,3
28	32,2	431	36,2	30,0	44,4	626,9	32,4	29,6
30	33,6	425	37,3	31,3	46,4	685,5	31,2	29,3

A análise econômica destas produções estão apresentadas na Tabela 4, indicando que a rotação aos 24 anos de idade apresenta a maior rentabilidade econômica, para qualquer nível de ocorrência de *S. noctilio*.

Tabela 4. Produção de madeira (m³/ha) de *Pinus taeda* para o exemplo 1, por classes de utilização industrial, para níveis de ataque de *Sirex noctilio*, de 0 a 70 %

Sem ataque	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
Corte final aos 12 anos	372,0	12,1	210,5	125,0	24,4
1º desbaste (12 anos)	138,6	3,3	64,4	57,3	13,5
2º desbaste (16 anos)	140,9	10,0	87,5	37,4	6,0
Corte final aos 20 anos	375,7	202,6	136,9	30,6	5,5
Corte final aos 22 anos	440,4	265,2	142,6	27,3	5,3
Corte final aos 24 anos	505,1	328,4	139,3	31,8	5,6
Corte final aos 26 anos	567,7	398,7	142,6	26,0	4,8
Corte final aos 28 anos	626,9	453,5	135,5	28,7	4,8
Corte final aos 30 anos	685,5	519,3	132,7	20,6	4,9

Ataque em 10 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	138,6	3,3	64,4	38,7	32,1
2º desbaste (16 anos)	140,9	10,0	87,5	37,4	6,0
Corte final aos 20 anos	375,7	202,6	136,9	30,6	5,5
Corte final aos 22 anos	440,4	265,2	142,6	27,3	5,3
Corte final aos 24 anos	505,1	328,4	139,3	31,8	5,6
Corte final aos 26 anos	567,7	398,7	142,6	26,0	4,8
Corte final aos 28 anos	626,9	453,5	135,5	28,7	4,8
Corte final aos 30 anos	685,5	519,3	132,7	20,6	4,9

Ataque em 20 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	150,2	3,7	73,0	36,7	36,8
2º desbaste (16 anos)	131,9	8,1	76,3	42,3	5,2
Corte final aos 20 anos	366,6	194,0	136,7	31,1	4,7
Corte final aos 22 anos	430,4	255,2	139,9	30,6	4,8
Corte final aos 24 anos	494,7	318,2	139,4	32,0	5,1
Corte final aos 26 anos	556,0	386,7	136,2	28,6	4,6
Corte final aos 28 anos	615,2	441,9	137,9	30,4	5,0
Corte final aos 30 anos	671,6	505,5	130,6	30,6	4,9

Ataque em 30 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	189,6	2,6	42,9	25,3	118,8
2º desbaste (16 anos)	95,2	3,3	48,2	37,1	6,7
Corte final aos 20 anos	353,0	183,7	135,3	28,9	5,1
Corte final aos 22 anos	416,1	243,5	139,5	28,6	5,6
Corte final aos 24 anos	477,8	305,8	137,3	28,9	5,8
Corte final aos 26 anos	539,7	372,4	132,2	28,8	5,3
Corte final aos 28 anos	598,4	424,1	139,9	29,3	5,1
Corte final aos 30 anos	654,5	491,8	130,6	27,0	5,2

Continuação da Tabela 4

Ataque em 40 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	208,4	1,9	31,6	18,8	156,1
2º desbaste (16 anos)	73,1	2,4	34,6	30,7	5,4
Corte final aos 20 anos	349,6	181,6	134,6	27,6	5,9
Corte final aos 22 anos	411,4	238,7	138,6	28,7	5,5
Corte final aos 24 anos	472,0	300,0	137,3	29,5	5,1
Corte final aos 26 anos	532,5	357,1	140,6	29,5	5,3
Corte final aos 28 anos	591,3	422,5	135,4	28,4	5,1
Corte final aos 30 anos	647,8	481,8	131,4	29,2	5,3

Ataque em 50 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	227,6	1,3	21,5	12,7	192,1
2º desbaste (16 anos)	51,4	1,5	23,2	22,7	3,9
Corte final aos 20 anos	345,6	179,0	129,8	30,5	5,4
Corte final aos 22 anos	406,3	235,8	136,0	28,9	5,6
Corte final aos 24 anos	466,9	296,9	136,9	28,3	5,3
Corte final aos 26 anos	527,3	353,9	139,8	28,3	5,4
Corte final aos 28 anos	585,0	418,5	132,7	28,4	5,4
Corte final aos 30 anos	641,3	477,8	130,3	27,6	5,7

Ataque em 60 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	265,3	1,3	21,4	12,7	166,1
2º desbaste (16 anos)	13,7	0,2	4,1	8,0	1,4
Corte final aos 20 anos	331,6	168,3	127,1	30,6	5,5
Corte final aos 22 anos	391,9	223,7	131,8	30,8	5,6
Corte final aos 24 anos	451,9	290,6	126,3	29,8	5,3
Corte final aos 26 anos	510,2	340,2	134,1	30,5	5,4
Corte final aos 28 anos	568,1	405,4	128,1	28,9	5,7
Corte final aos 30 anos	623,6	457,6	132,3	28,1	5,7

Ataque em 70 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	293,5	1,0	16,0	2,8	273,7
2º desbaste (16 anos)	0	0	0	0	0
Corte final aos 20 anos	290,4	145,0	112,6	28,0	4,8
Corte final aos 22 anos	346,1	193,5	113,5	28,1	4,9
Corte final aos 24 anos	402,9	258,2	114,2	25,2	5,3
Corte final aos 26 anos	457,4	314,2	110,6	27,7	4,8
Corte final aos 28 anos	511,6	367,6	112,2	27,0	4,8
Corte final aos 30 anos	566,6	422,2	112,2	27,0	5,1

Os custos de produção são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Custos para a produção de madeira de <i>Pinus</i> spp. na região de Curitiba-PR (Agosto de 1995)	
A. Implantação do povoamento	US\$ 600/ha
B. Exploração	
1. Corte das árvores	US\$ 0,98/m³
2. Desgalhamento	US\$ 0,18/m³
3. Extração	US\$ 1,00/m³
4. Traçamento	US\$ 0,16/m³
5. Carregamento	US\$ 0,71/m³
6. Transporte	US\$ 2,30/m³
7. Descarregamento	US\$ 0,67/m³
C. Administração	US\$ 20/ha/ano
D. Manutenção	
1. 1º ano	US\$ 150/ha
2. 4º ano	US\$ 50/ha
3. 9º ano	US\$ 40/ha
E. Operações de monitoramento e controle de <i>S. noctilio</i>	US\$ 30/ha/5 anos

Avaliação da rentabilidade econômica

Para a avaliação da rentabilidade econômica foi utilizado o software Planin Oliveira (1997), tendo por base o método do Valor Anual Equivalente (VAE) em que o Valor Presente Líquido de um fluxo financeiro a uma Taxa Mínima de Atratividade é transformado em uma série uniforme anual equivalente.

Resultados e discussão

A realização de desbastes sistemáticos de linhas inteiras com o seletivo nas remanescentes é constante entre os produtores de *Pinus*, principalmente por facilitar as operações de corte e retirada das árvores. Esta prática foi mantida em todas as

simulações estudadas, entretanto, se o produtor optar apenas por desbastes seletivos, retirando as árvores atacadas e as de diâmetros inferiores, ele pode conseguir maior produção madeireira, principalmente em povoamentos com percentuais de ataque em que o desbaste previsto é insuficiente para retirar todas as árvores atacadas.

Os resultados obtidos para os dois povoamentos estudados são apresentados a seguir.

Povoamento com ataque aos 12 anos

Para percentuais de ocorrência de *S. noctilio* de até 30%, o desbaste sistemático, seguido de seletivo, aos 12 anos, foi suficiente para remover todas as árvores atacadas. Entretanto, a partir de 40% de ataque, a remoção de todas as árvores atacadas fez com que o número de árvores remanescentes por hectare, após o desbaste, ficasse inferior aos 925 previstos.

As prognoses de produção para idades de corte final de 20 a 30 anos, em função de diferentes níveis de ataque, estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Valores do crescimento e produção de madeira (m³/ha) de <i>Pinus taeda</i> para exemplo 1, sem ataque de <i>Sirex noctilio</i>								
Idade (anos)	Altura dominante (m)	N/ha	Diâmetro médio (cm)	Altura média (m)	Área basal (m²)	Volume total (m³)	IMA (m³)	ICA (m³)
12	17,7	1850	19,0	15,2	52,4	372,0	31,0	31,0
Desbaste pela remoção de 1 linha em cada 4 linhas e, em seguida, desbaste pela remoção de 463 árvores								
		925	21,0	15,9	32,0	233,4	Removido=	138,6
14	20,0	918	22,8	17,8	37,7	313,8	32,0	38,2
16	22,1	907	24,6	19,6	43,0	395,0	33,1	40,6
Desbaste pela remoção de 457 árvores								
		450	27,4	20,6	26,5	254,1	Removido=	140,9
18	23,7	449	28,9	22,4	29,4	308,0	32,6	26,9
20	25,6	447	30,7	24,1	33,2	375,7	32,8	33,8
22	27,4	444	32,4	25,6	36,5	440,4	32,7	32,1
24	29,1	441	33,8	27,2	39,5	505,1	32,7	32,3
26	30,6	436	35,1	28,6	42,1	567,7	32,6	31,3
28	32,2	431	36,2	30,0	44,4	626,9	32,4	29,6
30	33,6	425	37,3	31,3	46,4	685,5	31,2	29,3

A análise econômica destas produções estão apresentadas na Tabela 4, indicando que a rotação aos 24 anos de idade apresenta a maior rentabilidade econômica, para qualquer nível de ocorrência de *S. noctilio*.

Tabela 4. Produção de madeira (m³/ha) de *Pinus taeda* para o exemplo 1, por classes de utilização industrial, para níveis de ataque de *Sirex noctilio*, de 0 a 70 %

Sem ataque	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
Corte final aos 12 anos	372,0	12,1	210,5	125,0	24,4
1º desbaste (12 anos)	138,6	3,3	64,4	57,3	13,5
2º desbaste (16 anos)	140,9	10,0	87,5	37,4	6,0
Corte final aos 20 anos	375,7	202,6	136,9	30,6	5,5
Corte final aos 22 anos	440,4	265,2	142,6	27,3	5,3
Corte final aos 24 anos	505,1	328,4	139,3	31,8	5,6
Corte final aos 26 anos	567,7	398,7	142,6	26,0	4,8
Corte final aos 28 anos	626,9	453,5	135,5	28,7	4,8
Corte final aos 30 anos	685,5	519,3	132,7	20,6	4,9

Ataque em 10 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	138,6	3,3	64,4	38,7	32,1
2º desbaste (16 anos)	140,9	10,0	87,5	37,4	6,0
Corte final aos 20 anos	375,7	202,6	136,9	30,6	5,5
Corte final aos 22 anos	440,4	265,2	142,6	27,3	5,3
Corte final aos 24 anos	505,1	328,4	139,3	31,8	5,6
Corte final aos 26 anos	567,7	398,7	142,6	26,0	4,8
Corte final aos 28 anos	626,9	453,5	135,5	28,7	4,8
Corte final aos 30 anos	685,5	519,3	132,7	20,6	4,9

Ataque em 20 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	150,2	3,7	73,0	36,7	36,8
2º desbaste (16 anos)	131,9	8,1	76,3	42,3	5,2
Corte final aos 20 anos	366,6	194,0	136,7	31,1	4,7
Corte final aos 22 anos	430,4	255,2	139,9	30,6	4,8
Corte final aos 24 anos	494,7	318,2	139,4	32,0	5,1
Corte final aos 26 anos	556,0	386,7	136,2	28,6	4,6
Corte final aos 28 anos	615,2	441,9	137,9	30,4	5,0
Corte final aos 30 anos	671,6	505,5	130,6	30,6	4,9

Ataque em 30 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	189,6	2,6	42,9	25,3	118,8
2º desbaste (16 anos)	95,2	3,3	48,2	37,1	6,7
Corte final aos 20 anos	353,0	183,7	135,3	28,9	5,1
Corte final aos 22 anos	416,1	243,5	138,5	28,6	5,6
Corte final aos 24 anos	477,8	305,8	137,3	28,9	5,8
Corte final aos 26 anos	538,7	372,4	132,2	28,8	5,3
Corte final aos 28 anos	598,4	424,1	139,9	29,3	5,1
Corte final aos 30 anos	654,5	491,8	130,6	27,0	5,2

Continuação da Tabela 4

Ataque em 40 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	208,4	1,9	31,6	18,8	155,1
2º desbaste (16 anos)	73,1	2,4	34,6	30,7	5,4
Corte final aos 20 anos	349,6	181,6	134,6	27,6	5,9
Corte final aos 22 anos	411,4	238,7	139,6	28,7	5,5
Corte final aos 24 anos	472,0	300,0	137,3	29,5	5,1
Corte final aos 26 anos	532,5	357,1	140,6	29,5	5,3
Corte final aos 28 anos	591,3	422,5	135,4	28,4	5,1
Corte final aos 30 anos	647,8	481,8	131,4	29,2	5,3

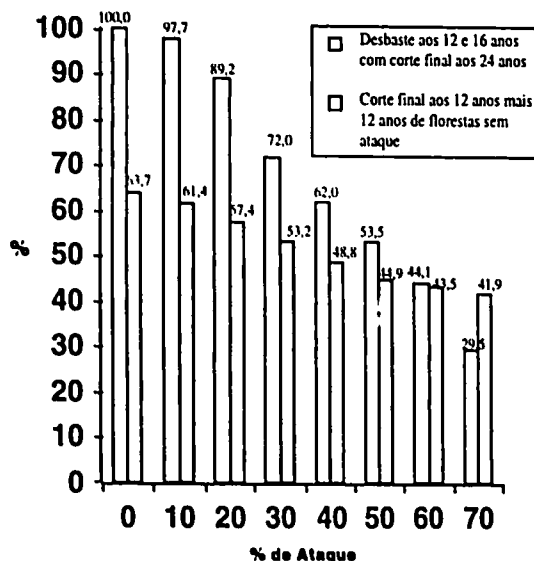
Ataque em 50 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	227,6	1,3	21,5	12,7	192,1
2º desbaste (16 anos)	51,4	1,5	23,2	22,7	3,9
Corte final aos 20 anos	345,6	179,0	129,8	30,5	5,4
Corte final aos 22 anos	406,3	235,8	136,0	28,9	5,6
Corte final aos 24 anos	466,9	296,9	136,9	28,3	5,3
Corte final aos 26 anos	527,3	353,9	139,8	28,3	5,4
Corte final aos 28 anos	585,0	418,5	132,7	28,4	5,4
Corte final aos 30 anos	641,3	477,8	130,3	27,6	5,7

Ataque em 60 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	265,3	1,3	21,4	12,7	166,1
2º desbaste (16 anos)	13,7	0,2	4,1	8,0	1,4
Corte final aos 20 anos	331,6	168,3	127,1	30,6	5,5
Corte final aos 22 anos	391,9	223,7	131,8	30,8	5,6
Corte final aos 24 anos	451,9	290,6	126,3	29,8	5,3
Corte final aos 26 anos	510,2	340,2	134,1	30,5	5,4
Corte final aos 28 anos	568,1	405,4	128,1	28,9	5,7
Corte final aos 30 anos	623,6	457,6	132,3	28,1	5,7

Ataque em 70 % das árvores	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
1º desbaste (12 anos)	293,5	1,0	16,0	2,8	273,7
2º desbaste (16 anos)	0	0	0	0	0
Corte final aos 20 anos	290,4	145,0	112,6	28,0	4,8
Corte final aos 22 anos	346,1	199,5	113,5	28,1	4,9
Corte final aos 24 anos	402,9	258,2	114,2	25,2	5,3
Corte final aos 26 anos	457,4	314,2	110,6	27,7	4,8
Corte final aos 28 anos	511,6	367,6	112,2	27,0	4,8
Corte final aos 30 anos	566,6	422,2	112,2	27,0	5,1

Na Figura 1, estão apresentados os percentuais de rentabilidade de povoamentos com 12 anos atacados por *Sirex noctilio*, em relação ao regime de manejo de maior rentabilidade (sem ataque, 2 desbastes, corte final aos 24 anos), em um horizonte de planejamento de 24 anos.

Figura 1. Percentais de rentabilidade de povoamentos com 12 anos atacados por *Sirex noctilio*, em relação ao regime de manejo de maior rentabilidade (sem ataque, 2 desbastes, corte final aos 24 anos), em um horizonte de planejamento de 24 anos.



Como pode ser observado, para os diferentes níveis de ataque de *S. noctilio*, o corte final do povoamento seguido do plantio de uma nova floresta foi recomendável, apenas, para ataques a partir de 60%, onde as perdas em rentabilidade econômica passam a ser equivalentes.

Povoamento com ataque aos 16 anos

A rotação aos 24 anos, para qualquer nível de ataque de *S. noctilio* foi a mais rentável economicamente entre as rotações de 20 a 30 anos, conforme estudo prévio através de simulações e procedimentos adotados para o exemplo anterior (ataque aos 12 anos). As prognoses de produção para o povoamento com ataque aos 16 anos, considerando o corte final imediato e aos 24 anos, estão apresentadas na Tabela 5 e 6, respectivamente.

Tabela 5. Produção de madeira (m³/ha) por classe de utilização industrial, de *Pinus taeda* para o exemplo 2, com níveis de ataque de *Sirex noctilio* de 0 to 70 %, com corte aos 24 anos.

% ataque de <i>S. noctilio</i>	Idade (anos)	total m³	laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
0	16	203,0	25,4	102,2	64,4	11,0
	19	129,4	7,5	75,6	40,8	5,5
	24	426,7	237,7	156,2	27,4	5,4
10	16	203,0	22,8	93,7	49,8	36,7
	19	129,4	7,5	75,6	40,8	5,5
	24	426,7	237,7	156,2	27,4	5,4
20	16	203,0	20,3	47,4	35,2	100,1
	19	129,4	7,5	75,6	40,8	5,5
	24	426,7	237,7	156,2	27,4	5,4
30	16	204,4	17,7	39,4	21,5	125,8
	19	129,4	7,5	75,6	40,8	5,5
	24	426,7	237,7	156,2	27,4	5,4
40	16	228,3	15,6	39,4	20,3	153,0
	19	102,3	7,9	60,7	30,0	3,7
	24	437,4	249,7	155,0	27,3	5,4
50	16	293,0	25,2	71,1	16,9	179,8
	19	53,5	2,5	29,6	18,8	2,6
	24	422,4	238,1	145,4	33,1	5,8
60	16	321,0	23,3	74,9	15,6	207,2
	19	16,8	0,5	10,1	5,6	0,6
	24	429,3	245,1	146,4	32,2	5,6
70	16	338	12,8	79,7	10,1	235,4
	19					
	24	416,2	261,3	121,5	28,8	4,6

Tabela 6. Valores da produção de madeira (m³/ha) por classe de utilização de *Pinus taeda* para o exemplo # 2, considerando o corte final aos 16 anos.

% ataque de <i>S. noctilio</i>	Total m³	Laminação m³	Serraria m³	Celulose m³	Energia m³
0	537,8	77,1	292,1	145,8	22,8
10	537,8	74,5	283,6	131,2	48,4
20	537,8	72,0	237,3	116,6	111,9
30	537,8	69,4	228,9	102,1	137,5
40	537,8	66,8	220,4	87,5	163,1
50	537,8	64,3	211,9	72,9	169,7
60	537,8	61,7	203,4	59,3	214,4
70	537,8	59,1	195,0	43,7	240,0

Os Valores Anuais Equivalentes (VAE's) para povoamentos com percentuais de ataque de 0 a 70 %, submetidos a desbastes aos 16 e 19 anos, remoção de árvores atacadas, tratamento com mematóide e corte final aos 24 anos, e com corte final aos 16 anos, considerando também, neste caso, mais 8 anos de rentabilidade da floresta sem ataque, estão apresentados na Tabela 7 e 8.

Tabela 7. Valores anuais equivalentes para o exemplo 1, considerando corte final dos 20 aos 30 anos.

% de ataque de <i>S. noctilio</i>	Idade de corte final							Corte final - 12 anos mais replantio*
	12	20	22	24	26	28	30	
0	68,2	144,9	149,5	149,5	149,5	141,9	136,6	95,2
10	63,1	141,1	146,0	146,0	146,0	138,7	133,5	91,8
20	54,2	127,0	132,0	133,0	132,8	127,7	122,4	85,8
30	44,8	98,5	105,0	106,7	107,6	103,8	100,2	79,6
40	35,0	83,2	89,9	92,7	92,3	90,8	86,5	73,0
50	26,1	68,3	75,9	80,0	80,0	78,5	75,0	67,1
60	23,0	51,8	60,0	66,0	65,7	65,4	61,8	65,0
70	19,5	27,7	37,5	44,1	46,2	45,9	44,3	62,7

*Considerou-se que, após o corte do povoamento aos 12 anos, foi efetuado um replantio, no qual não ocorrerá o ataque de *S. noctilio*, sendo cortado com 24 anos, possibilitando a máxima rentabilidade econômica.

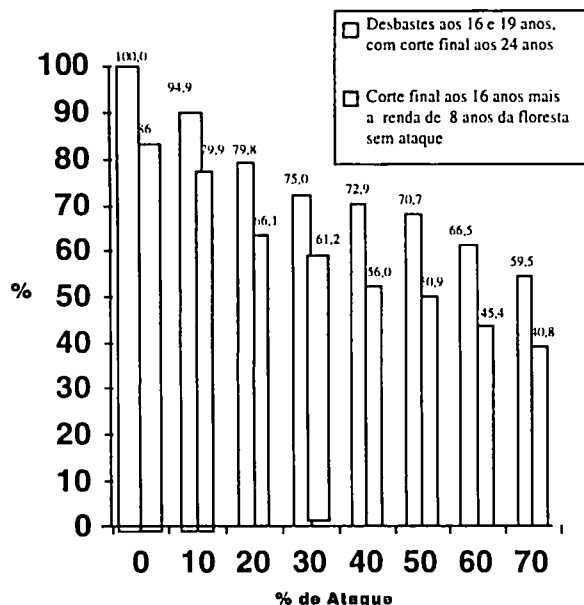
Tabela 8. Valores anuais equivalentes para o exemplo 2, considerando o corte final aos 16 e aos 24 anos

% de ataque de <i>S. noctilio</i>	Idade de corte final		Corte final -16 anos mais replantio*
	16	30	
0	106,5	128,2	110,7
10	98,4	121,7	102,4
20	74,3	103,3	84,8
30	66,3	96,1	78,4
40	58,2	93,4	71,8
50	50,1	90,6	65,3
60	42,0	85,2	58,8
70	33,9	76,3	52,3

*Considero-se que, após o corte do povoamento aos 16 anos, foi efetuado um replantio no qual não ocorrerá o ataque de *S. noctilio*, sendo cortado com 24 anos, possibilitando a máxima rentabilidade econômica.

Os percentuais de rentabilidade de cada situação em relação ao regime de manejo de maior rentabilidade (sem ataque, 2 desbastes, corte final aos 24 anos), em um horizonte de planejamento de 24 anos, estão apresentados na Figura 2.

Figura 2. Percentuais de rentabilidade de povoamentos com 16 anos atacados por *Sirex noctilio*, em relação ao regime de manejo de maior rentabilidade (sem ataque, 2 desbastes, corte final aos 24 anos) em um horizonte de 24 anos.



Para todos os níveis de ataque, a floresta manejada e cortada aos 24 anos supera, em termos de rentabilidade econômica, a floresta cortada aos 16 anos. Tomando-se como exemplo o nível de ataque de 50 %, o corte imediato do povoamento levaria a prejuízos na ordem de 49,1 % da rentabilidade econômica, enquanto que, a condução do povoamento com o manejo adequado, reduziria esta perda para 29,3 %.

Considerações finais

Os softwares Sispinus e Planin possibilitam quantificar a produção e a rentabilidade econômica de povoamentos florestais com diferentes intensidades de ataque de *S. noctilio* submetidos a diferentes regimes de manejo. Entretanto, alguns aspectos devem ser observados:

1. Sistema considera que a distribuição espacial das árvores atacadas tenha ocorrido de forma regular.
2. Existe a possibilidade de "acamamento" das árvores remanescentes, após desbastes muito intensos.
3. Podem existir problemas com estradas e outras dificuldades para a exploração e realização de desbastes.
4. Alguma estratégia do administrador, ligada a aspectos como o cumprimento de compromissos com o mercado consumidor ou o abastecimento de fábricas agregadas com matéria prima, que o leva a optar por cortar povoamentos fora da idade ideal.

Assim, nem sempre a decisão pode estar baseada apenas no critério econômico. Em todas as situações, deve prevalecer o bom senso na decisão final.

Uma análise de sensibilidade da rentabilidade deve ser realizada, variando-se os diversos centros de custos e preços, buscando uma visão estratégica que possibilite a minimização das perdas decorrentes do ataque de *S. noctilio*.

Referências

- Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, EMBRAPA. 1992. Inoculação de nematóides. Colombo: EMBRAPA. Folder.
- Chrystal, R. N. 1928. Studies of *Sirex* parasites. The Empire Forestry Journal. 2 (7): 145-154.
- Madden, J. L. 1975. An analysis of an outbreak of the woodwasp, *Sirex noctilio* F. (Hymenoptera: Siricidae), in *Pinus radiata*. Bulletin of Entomological Research. 65: 491-500.
- Neumann, F.G.; Morey, J. L.; McKimm, R. J. 1987. The *Sirex* wasp in Victoria. Bulletin 29. Victoria: Department of Conservation. Forest and Lands. 41 p.

Oliveira, E. B. 1995. "Um sistema computadorizado de prognose de crescimento e produção de *Pinus taeda* L. com critérios quantitativos para a avaliação técnica e econômica de regimes de manejo. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. Tese Doutorado. 134 p.

Organização da informação sobre *Sirex noctilio*: um projeto simples, barato e de alto impacto

Erich Schaitza

A recuperação de informações bibliográficas tem ficado cada vez mais fácil com o avanço tecnológico dos meios de comunicação e da informática. Bases de dados são distribuídas em CD-ROM ou disponibilizadas através da Internet, há serviços de entrega de documentos quase em tempo real e bibliotecas virtuais espalhadas pelo mundo.

No entanto, trabalhos publicados por pesquisadores latino americanos não permeiam para as bases de dados internacionais e algumas vezes não compõem bases de sua própria instituição. Como consequência, estes trabalhos são pouco lidos e pouco citados por pesquisadores de outros países.

Uma série de fatores contribuem para isto: com poucas exceções, as revistas locais são de baixa circulação e seus editores não as enviam para o instituto cooperante da AGRIS ou para a CABI; alguns cooperantes da AGRIS não são muito ativos na área florestal; há um grande número de revistas não indexadas; os artigos são publicados em português ou espanhol, não sendo lidos por cientistas de países de língua inglesa; serviços de informação de institutos latino americanos são mal estruturados para acompanhar seus contrapartes europeus e norte-americanos.

Um exemplo disto pode ser constatado com *Sirex noctilio*, uma praga de *Pinus*. Uma busca na base AGRIS não mostra nenhum trabalho no Brasil sobre *Sirex noctilio*, e no TreeCD da CABI apenas 15 trabalhos foram recuperados. Somente o Laboratório de Entomologia da Embrapa-Florestas publicou 42 trabalhos nos últimos anos sobre o assunto, incluindo teses, notas técnicas e trabalhos científicos.

Portanto, há uma necessidade de se organizar sistemas de informações que permitam o

acesso a referências bibliográficas e a trabalhos publicados na América Latina.

Isto pode ser feito pelo fortalecimento dos sistemas bibliotecários e de informação institucionais ou pela criação de pequenas redes temáticas voltadas a divulgação de informação, reunindo institutos e pesquisadores que trabalham em um tema comum, como é o caso do controle biológico de *Sirex*.

Sugestões para um projeto cooperativo para a criação de uma central de informações sobre *Sirex noctilio* na América Latina

Com as novas tecnologias da Internet, atualmente é muito fácil de se trabalhar a distância e de se manter ligação entre trabalhos independentes. O correio eletrônico permite a troca de mensagens e arquivos. Páginas WWW podem conter milhares de páginas de informações e ligações com bancos de dados distribuídos por diferentes locais. A digitalização de imagens permite que qualquer trabalho técnico seja transferido para meio eletrônico e fique disponível para acesso remoto.

Com isto, fica muito fácil de se organizar uma rede de informações composta por pesquisadores de uma mesma área, sem grandes ônus adicionais para os envolvidos.

Uma possibilidade para uma Rede de Informações sobre *Sirex noctilio* é a formação de uma página WWW com ligações entre os

diversos institutos de pesquisa. Os institutos de pesquisa que não tem condições de manter páginas podem usar o servidor de outros para sua manutenção.

Cada instituto manteria atualizada um informativo de suas ações de pesquisa e uma listagem dos trabalhos relacionados a *Sirex* publicados por ela ou constantes em sua biblioteca.

Uma página com um formulário para solicitação de trabalhos e formulação de perguntas sobre *Sirex*, com um pequeno questionário para verificação de quem está requerendo a informação, pode ser criada e teria o objetivo duplo de permitir que:

- todos tivessem acesso ao conhecimento da instituição
- a instituição pudesse mapear quem está interessado em *Sirex* e o porquê deste interesse

Os trabalhos solicitados podem ser enviados por correio quando não estiverem em forma eletrônica ou houver restrições quanto a direitos autorais. Os trabalhos da instituição podem ser digitalizados e enviados por correio eletrônico ou disponibilizados em uma área de transferência de arquivos (FTP), nos mais diversos formatos.

O trabalho é fácil de ser desenvolvido. No entanto, há a necessidade de se ter um moderador para o projeto, responsável por organizar e ligar os diversos participantes.

Outro tema interessante para discussão entre técnicos dos diversos programas de manejo integrado de *Sirex* é a possibilidade de uma padronização na coleta de dados sobre o inseto. Com isto, no futuro haveria a possibilidade de se somar informações e de se desenvolver modelos de comportamento e dispersão do inseto, impacto de danos, interação com o ambiente, etc. baseados em bases de dados de abrangência regional.

Possibilidade de solicitação de apoio a IUFRO e a Rede de Informações Florestais para a América Latina e Caribe

A União Internacional das Organizações de Pesquisa Florestal (IUFRO) é uma ONG com mais de 100 anos e com membros de centenas de países espalhados pelo mundo inteiro. Seus membros são institutos de pesquisa, empresas com pesquisa florestal e indivíduos.

Os membros pagam anuidades e todo o trabalho é voluntário. Há grupos de trabalho discutindo pesquisa florestal em todas as áreas. Provavelmente, grande parte dos pesquisadores florestais do mundo já participaram de eventos promovidos pela IUFRO ou leram documentos editados com o apoio da IUFRO.

Um dos grupos de trabalho da IUFRO é a Rede de Informação Florestal para a América Latina e Caribe (RIFALC - GT 6.03.04), cuja missão é promover a organização e divulgação da informação florestal na região. Coordenada por Maria Teresa Motta Tello, Presidente da Corporacion Nacional de Investigacion Florestal da Colombia (conif@colomsat.net.co), há alguns anos vem discutindo mecanismos para divulgar informações e certamente pode servir de espinha dorsal e suporte para um projeto desta natureza.

A página WWW da RIFALC pode ser acessada através da IUFRO e a partir daí pode-se obter uma grande quantidade de informações, como calendários de eventos na América Latina e Caribe, bibliografias, ligações e outras páginas da IUFRO e a serviços de informação do mundo inteiro.

A home page da IUFRO (<http://iufro.boku.ac.at>) apresenta seus objetivos e dá acesso a uma infinidade de informações na área florestal, inclusive com serviços de informação, biblioteca virtuais, textos completos de anais, diretórios de instituições florestais e a uma ferramenta de busca de informação florestal (IUFRO Search).

O alcance desta página é enorme. Em 1997, ela tem sido consultada por 2.000 pessoas por dia em seu servidor da Áustria. Como há outros cinco espelhos espalhados pelo mundo (Costa Rica, Minnesota, África do Sul, Chile e Finlândia) pode-se esperar que muito mais pessoas tenham navegado por suas páginas.

Além disto, a IUFRO possui um Programa Especial de Apoio a Países em Desenvolvimento (SPDC). O SPDC apoia a organização de eventos, viagens de pesquisadores, planejamento de projetos regionais e capacitações internacionais e também pode auxiliar a busca de recursos para uma rede de informação cooperativa sobre *Sirex*.

Estado actual de *Sirex noctilio* F. en Uruguay

Juan Francisco Porcile Maderni

Los bosques de pinos en Uruguay cubren alrededor de 16 % de los bosques plantados, representando unas 50.000 hectáreas aproximadamente.

La mayor y mas antigua concentración se encuentra en la parte sur del país, sobre suelos arenosos en la costa del Océano Atlántico y del Rio de la Plata. Las primeras plantaciones datan de fines del siglo pasado y, a lo largo del presente, se registraron diversos emprendimientos dirigidos a implantar bosques principalmente protectores para frenar las arenas voladoras y también plantaciones con fines productivos. Asimismo existen plantaciones próximas a lugares de atracción turística que ocupan fraccionamientos realizados por inversores privados.

La principal especie plantada en esta área es *Pinus pinaster* Ait. seguido por otras especies tales como *P. radiata* Don, *P. halepensis* L., *P. taeda* L. y *P. elliotii* Engel.

Desde la década de 1970 hasta el presente, se plantó además una importante superficie en el norte del país en los departamentos de Rivera, Paysandú, Rio Negro y más recientemente en Durazno. En el período comprendido entre 1984 y 1993, fueron plantadas en el área de referencia más de 11.000 hectáreas, principalmente *P. taeda* y en menor proporción, *P. elliotii*.

La presencia de la avispa se registra por primera vez en 1980 en que apareció al principio en árboles muertos aislados, comenzando gradualmente a provocar daños de importancia en plantaciones del noroeste del país. En algunos rodales del departamento de Paysandú los daños se situaron entre 50 y 70 % (Tusset 1991, com. per.).

La especie mas afectada fue *P. taeda*, mientras que otras especies mas resinosas como *P. elliotii* parecieron más resistentes al ataque de este síricido. Observaciones realizadas en plantaciones experimentales se resumen a continuación.

Tabela 1. Porcentaje de ataque segun espaciamiento*

Espécie	3.0 x 3.0 m	2.5 x 2.5 m
<i>Pinus taeda</i>	40.4 %	25.7 %
<i>P. patula</i>	-	26.0 %
<i>P. pinaster</i>	25.0 %	-
<i>P. radiata</i>	38.5 %	11.0 %
<i>P. elliotii</i>	24.0 %	18.0 %
<i>P. echinata</i>	-	14.0 %
<i>P. palustris</i>	-	8.0 %
<i>P. halepensis</i>	2.5 %	-

*Plantación de 20 años de edad evaluada en 1985 (Porcile, com. pers.)

Tabela 2. Porcentaje médio de ataque en *Pinus elliotii* *

Espaciamiento	Árboles/ha	% Médio de ataque
2.0 x 2.0 m	2.500	11.0
2.0 x 2.5 m	2.000	8.3
2.5 x 2.5 m	1.600	7.5
3.0 x 3.0 m	1111	1.8

*Plantación de 20 años de edad evaluada en 1985 (Porcile, pers. com.)

Cronologia

1980 a 1985

- la avispa fue detectada
- muestras de insectos fueron enviadas para determinación
- se encuentra en laboratorio *Ibalia leucospoides* (Hochenwarth)
- misión consultora de la FAO y formulación de los primeros lineamientos para el combate de la avispa
- *Sirex noctilio* F. es declarada plaga de la agricultura (decreto 820/1985).

1980 a la fecha

- se introduce a Uruguay el nematodo *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola* Bedding, en plantaciones del departamento de Paysandú con asistencia de la Facultad de Agronomía
- se crea en el marco de la Dirección Forestal una unidad de prevención fitosanitaria forestal que entre sus distintos cometidos tiene la prospección periódica de bosques que incluye la evaluación del status de *S. noctilio*
- dentro del Comité de Sanidad Vegetal del Cono Sur (COSAVE) se constituye en 1992 un Grupo de Trabajo Permanente en Sanidad Silvo-Agrícola, el que se integra Uruguay, entre cuyos cometidos figura la instrumentación de un programa de combate contra *Sirex* en la Región

Observaciones cumplidas en las diferentes áreas edafoclimáticas del país, mostraron una relación directa entre el % de pinos atacados y la densidad expresada en número de árboles por hectárea. Asimismo, el debilitamiento resultante de otros factores tales como el stress hídrico y el ataque de otros insectos, la baja calidad de los bosques, los suelos pobres o la falta de manejo, contribuyeron a facilitar el ataque de la avispa.

El último informe de prospección fitosanitaria realizado por la División Manejo y Prospección (1995) muestra que *Sirex* se mantiene en el área NE del Uruguai donde es combatida principalmente mediante raleos y otras prácticas silvícolas.

En la región sur, las poblaciones de este insecto muestran un incremento al que ha contribuido una severa sequía. Asimismo, el esquema de tenencia de la tierra se suma a la naturaleza de los bosques – disetáneos, de alta densidad y carentes de manejo en su mayor parte – lo que ha contribuido a dificultar la aplicación de medidas de control.

La zona noroeste, a partir de la adopción de severas medidas de combate (talas rasas) y la referida introducción del nematodo *B. siricidicola* no ha mostrado niveles significativos de avispa de la madera.

Con posterioridad a los graves daños acontecidos en los primeros años de ocurrencia de esta plaga, las medidas silviculturales oportunas y la presencia del enemigo natural *Ibalia leucospoides* (Hochenw.) han constituido las principales herramientas de lucha.

Entre las prácticas de control silvicultural, han predominado:

- en bosques maduros que no han recibido manejo y en los que los ataques han sido intensos: tala rasa y destrucción de árboles afectados
- en plantaciones de edad intermedia con niveles de ataque superior al 20 %: cortas de salvamento y raleos seguidos de la destrucción y quema de los árboles atacados
- en plantaciones jóvenes que no han recibido ningún tipo de intervención silvícola: raleos selectivos, no comerciales

La utilización de árboles cebo aún no está suficientemente difundida como práctica, siendo necesario realizar estudios complementares sobre la biología de esta praga.

De acuerdo a lo anterior y teniendo en cuenta que al amparo de la actual legislación se están plantando nuevos bosques de pinos, será necesario fortalecer las estrategias preventivas que permitan la detección oportuna de nuevos focos o incrementos poblacionales de *Sirex*.

A la prospección periódica de las plantaciones deberán agregarse las prácticas silviculturales en épocas adecuadas y que comienzan desde etapas tempranas:

- plantación en sitios adecuados, avaladas por los correspondientes análisis de suelo
- utilización de plantas de calidad producidas a partir de semilla selecta
- técnicas de laboreo de suelo que mejoren la capacidad potencial del sitio
- adopción de densidades de plantación adecuadas con aplicación de prácticas de manejo- raleos, podas y fertilización – debidamente ejecutadas en el espacio y en el tiempo

En último término, la introducción y reintroducción de nuevos enemigos naturales, junto con el uso de árboles trampa, constituyen un esquema de manejo integrado dirigido a mantener las poblaciones de la avispa en niveles de daño aceptables.

Acciones de detección de *Sirex noctilio* en Chile

Miguel Angel Poisson

Chile es un país que cuenta con un importante recurso Forestal, principalmente plantaciones de la especie *Pinus radiata* (D. Don) las que han sido base del sostenido desarrollo del Sector Forestal. Prueba de ello, es que durante el año 1994, Chile exportó productos forestales y derivados (INFOR, 1995) por un valor de US 1.520 (miles), cifra que representa un 13% del total de exportaciones del País.

Este importante recurso, valorizado en miles de millones de dólares, actualmente se encuentra amenazado por el potencial de daño que podrían causar distintas plagas foráneas, una de las cuales – sin duda de las más importantes – correspondería a *Sirex noctilio*, plaga cuarentenaria A1 para Chile. Este insecto

en los países que se ha establecido, ha provocado impactos negativos sobre las plantaciones de *Pinus* spp., causando pérdidas directas en decenas de millones de dólares, cifras que no incluyen aquellas indirectas, que podrían ser mayores que las anteriores (pérdida de mercados, costos de control, etc).

Por otra parte, las plantaciones de *Pinus radiata* en Chile, alcanzan a una superficie de 1.375.886 há (INFOR, 1995), que se encuentran distribuidas desde la V a X Región, formando una masa casi continua. De esta superficie, un importante porcentaje se encuentra dentro de las clases de edades más susceptibles, al eventual ataque de la avispa de la madera, tal como se muestra en el figura siguiente:

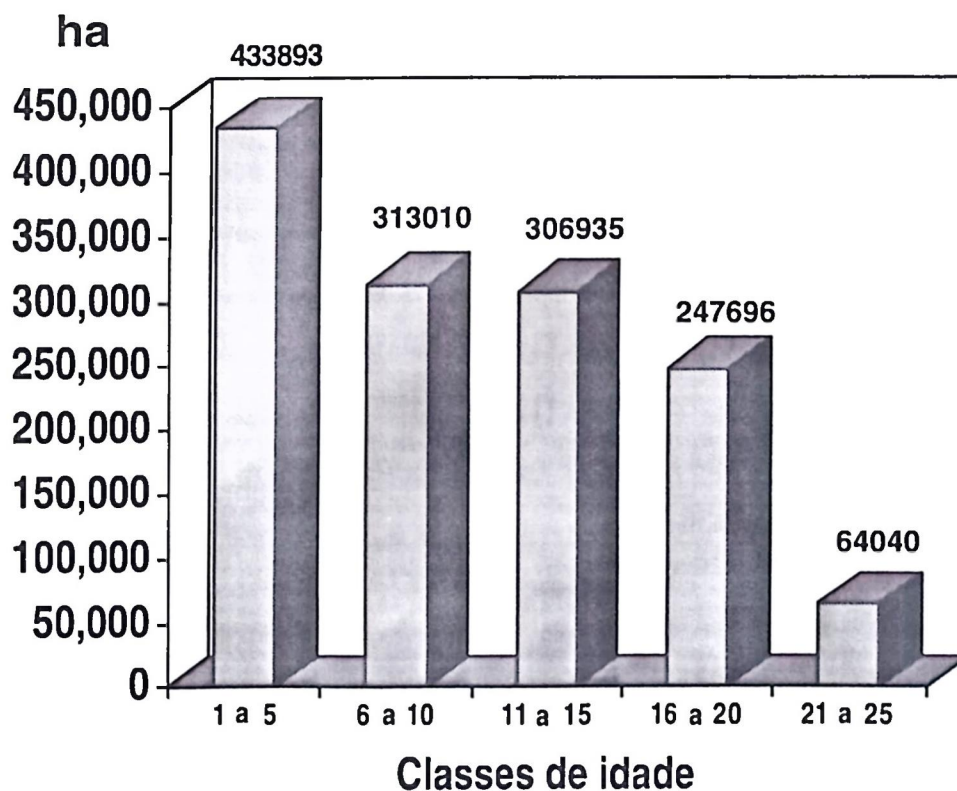


Figura 1 - Distribución de la superficie de *Pinus radiata* plantada en Chile, según clases de edad (1994).

Frente a la amenaza de la praga, el SAG desde hace seis años lleva a cabo un programa cooperativo con las principales empresas forestales del país, cuyo objetivo es el de detectar la eventual presencia de la plaga en el territorio nacional. Producto de lo anterior, durante la temporada 95-96 se instalaron 200 parcelas en 6 regiones del país (V a X) las que fueron cortadas a partir de Septiembre hasta fines de Octubre, no detectándose la presencia de *Sirex noctilio*. La temporada 96-97, se inició a partir de la última semana de Octubre, prolongándose hasta mediados de Noviembre, y al igual que la anterior, las parcelas se instalarán según áreas de riesgo, las que se encuentran definidas en base a las vías de introducción de la plaga al territorio nacional.

Via de dispersión natural

Actualmente, y por la presencia de la plaga en Bariloche – Argentina, se ha considerado la zona de pasos fronterizos de la X Región, como una área de potencial dispersión natural de la plaga hacia el país. En estas áreas, se instalarán parcelas cebo, con el criterio de 1 parcela/5000 há. Adicionalmente, en el área circundante v- en un radio de 50 km – al paso fronterizo de Puesto (IX R.), la instalación de parcelas será con una densidad de 1 parcela/2500 há (por la detección en 1994 de *Ibalia leucospoides*).

Vías de introducción accidental

Puertos y barreras internacionales

Se constituyen en potenciales puntos de introducción de *Sirex noctilio* – focalizando como vehículo de dispersión los embalajes de madera. En las zonas perimetrales, a los puertos y barreras definidos como vías potenciales de introducción accidental, se instalarán parcelas de detección de acuerdo a la siguiente tabla de asignación:

Radio de dispersión (Km)			
Nivel de Riesgo	0-10	10-20	20-50
Alto	1/500	1/1000	1/5000
Medio	1/1,000	1/5000	1/10000
Bajo	1/5,000	1/10000	--

Cuadro 1. Densidad de instalación de parcelas cebo (Nº/ há), según nivel de riesgo y radio de dispersión al puerto o barrera.

Centros de acopio y/o llegada de mercaderías de importación con embalajes

En esta categoría – la de mayor dificultad para su fiscalización, por su naturaleza aleatoria-, se encuentran todos aquellos lugares en los cuales se registran llegadas de embalajes de madera, principalmente de aquellos orígenes señalados como los más riesgosos. (Con presencia de la plaga). de acuerdo a lo anterior, todos aquellos lugares que sean catalogados como centros de llegada de importantes volúmenes de madera de embalaje, tales como: Plantas Industriales en construcción y/o operación, Sitios Extraportuarios de desconsolidación de Contenedores, etc. se instalarán parcelas de árboles cebo con la siguiente distribución:

	Radio de dispersión (Km.)	
	0-15 km	15-30 km
Densidad de parcelas	1/500 ha	1/5000 ha
Distancia entre parcelas	2,2 km	7,0 km

Cuadro 2. Densidad de instalación y distancia entre parcelas cebo, en áreas con centros de llegada de embalajes, según radios de dispersión.

Las parcelas estarán compuestas por grupos de mínimo 5 árboles, pudiendo, según opción propuesta por algunas de las Empresas participantes, ser de 10 árboles. En la parcela se escogerán aquellos individuos con DAP promedio de 10 – 20 cm, en condiciones de posición social Intermedio o suprimido preferentemente, y ubicados cerca de los bordes de los rodales. al respecto, se evitará seleccionar árboles que se encuentren en condiciones de borde, así como aquellos que presenten bifurcaciones o doble flecha.

El período de corta de parcelas cebo de la temporada 96-97, se espera iniciarlo a partir de fines de Agosto, prolongándose hasta fines de Octubre (Fechas de la temporada 95-96), aunque se decidió para esta temporada, confrutar la información con los especialistas de Australia que asistirán a los eventos de este año en Sudamérica.

Situación actual de insectos que se asocian a *Pinus radiata* D. Don en Chile y estrategia desarrollada con relación a *Sirex noctilio* F.: un insecto de introducción potencial

Angélica M. Aguilar

Introducción

Chile como país sustenta parte de su economía en el sector forestal, el cual en 1995 aportó al ingreso de divisas por concepto de exportaciones 2,37 millones de dólares, lo que representa un 15% del total exportado. Los principales rubros que se comercializan son celulosa, astillas, madera aserrada y madera en trozos, además de una gran variedad de productos secundarios (Instituto Forestal [INFOR] 1996). Los principales mercados son Japón, Corea del Sur, Bélgica y Estados Unidos (Corporación Nacional Forestal [CONAF] 1996).

El fortalecimiento del sector se inició en 1974 con la promulgación de una normativa legal que bonifica las forestaciones. A partir de entonces, ha habido un incremento significativo de nuevas superficies de plantaciones artificiales, las que hoy en día alcanzan a 1,8 millones de hectáreas, de las cuales el 76% corresponden a *Pinus radiata* D. Don, 17% *Eucalyptus* y 7% a otras especies (INFOR 1996).

A nivel mundial, *P. radiata* es una de las especies con mayor superficie de plantaciones artificiales, especialmente en el Hemisferio Sur donde es importante en la industria forestal de Chile, Sudáfrica, Nueva Zelanda y Australia (Ohmart 1980, Corporación Chilena de la Madera 1995, Tribe 1995). Es indudable desde un punto de vista ecológico, que cultivos intensivos de una especie exótica constituyen sistemas inestables, contribuyendo a que el recurso sea susceptible a irrupciones de insectos, debido a la ausencia de enemigos naturales y a la gran disponibilidad de hospedantes. Esto puede traer como

consecuencia pérdidas económicas significativas del recurso. En este marco, se analizan los principales insectos que se asocian actualmente a las plantaciones de *P. radiata* en Chile y la potencialidad de introducción de otros agentes. De un modo especial se enfatiza en las acciones preventivas que se han desarrollado en el país para evitar o retardar la introducción de *Sirex noctilio*, (Hymenoptera: Siricidae), insecto que actualmente es cuarentenario para Chile y para muchos otros países con los cuales se tienen nexos comerciales.

Principales insectos asociados a *P. radiata*

En términos generales, se observa a través de la literatura que los mayores problemas de insectos en *P. radiata* están en el Hemisferio Sur, donde este recurso ha sido extensamente introducido como especie exótica. Billings et al, (1971) señalan en esa época, que los insectos asociados a *P. radiata* en Chile no constituyen un problema serio, sin embargo, plantean la potencialidad de algunos insectos tales como *Rhyacionia buoliana* (Lepidoptera: Tortricidae), conocido como la polilla del brote de los pinos y *Sirex noctilio* denominado comúnmente como la avispa taladradora de la madera.

En 1975, la Corporación Nacional Forestal, como entidad estatal, conciente de los riesgos fitosanitarios del recurso forestal, crea en Convenio con la Universidad Austral de Chile el Plan Nacional de Prospección Sanitaria Forestal. Posteriormente, en 1977 se incluye como una de las actividades del proyecto PNUD/CONAF/FAO sobre "Investigación y Desarrollo Forestal". Durante varios años se

abordaron diversos problemas fitosanitarios tanto de bosque nativo como de plantaciones, (Cameron y Peredo 1974; Dafaue 1974; Osorio et al. 1977).

En 1982, se establecieron los primeros convenios de cooperación entre CONAF y Empresas Forestales, a fin de estudiar los principales problemas presentes en *P. radiata*. En esta década además, se detecta la presencia de los escarabajos de corteza *Hylurgus ligniperda*, *Hylastes ater* y *Orthotomicus erosus* (Coleoptera: Scolytidae) (Ciesla y Parra 1988; Ciesla 1988), los cuales tienen un rol secundario en las plantaciones de pino y son considerados potenciales para algunos países con los cuales Chile comercializa madera en trozos. USDA 1993. Su introducción probablemente ocurrió a través de embalajes.

Es evidente que la detección de *R. buoliana* en 1985, asociada al principal recurso forestal del país, marco un hito importante en la sanidad del *P. radiata*, lo cual significó a fines de esta década, materializar la creación del Comité Nacional de Sanidad Forestal, el que es liderado por CONAF e integrado por empresas privadas, estatales y Universidades (Ramírez y De Ferrari 1991) y cuyo objetivo principal es abordar en forma integrada el problema de plagas y enfermedades forestales. Así, en una experiencia única a nivel mundial, el sector optó por controlar biológicamente a *R. buoliana*, introduciendo el parasitoide *Orgilus obscurator* (Hymenoptera: Braconidae). Transcurridos 10 años desde la detección de la polilla del brote, son múltiples las investigaciones que se han desarrollado en torno a este insecto, el cual alcanza una amplia distribución en el país y en algunos sectores tiene el nivel de plaga económica. (Lanfranco 1994).

En relación a los insectos nativos que han provocado daño a *P. radiata*, se puede señalar que esporádicamente se han observado irrupciones aisladas de algunos insectos, los que bajo ciertas condiciones ambientales y en una conducta oportunista se han asociado a *P. radiata*. Esta situación ocurre con algunos insectos defoliadores, entre los que se destacan *Ormiscodes* spp. (Lepidoptera: Saturniidae), *Bacunculilus phyllopus* (Phasmatodea: Pseudophasmatidae), *Tanatopsyche chilensis* (Lepidoptera: Psychidae), *Antandrus viridis*

(Orthoptera: Acrididae) y *Coniungoptera nothofagi* (Orthoptera: Tettigonidae) (Villa y Ojeda 1981; Baldini y Villa 1992; Lewis 1996)

Insectos potenciales para Chile

La mayoría de los insectos que llegan a establecerse a nuevas áreas son especies que pueden transportarse en trozos o productos de madera, lo cual implica establecer estrictas medidas cuarentenarias. Lo más probable es que bajo estas condiciones ocurra la introducción accidental de insectos plagas como barrenadores de madera y de corteza, los que se consideran como el grupo más destructivo en *P. radiata*.

En Chile son numerosos los insectos que están catalogados como potenciales, sin embargo se considera que la avispa de la madera, *S. noctilio*, es el insecto potencial más significativo (Béeche et al. 1993). Por otra parte, en América del Sur está presente en Argentina, Brasil y Uruguay. En este contexto, en el marco del Comité Nacional de Sanidad Forestal, se creó en 1989 la subcomisión *S. noctilio*, la cual elaboró una estrategia de acción que consideró los siguientes aspectos: recopilación bibliográfica, capacitación, difusión y detección precoz. Transcurridos siete años desde que se comenzó a analizar este potencial agente de daño, los principales logros se sintetizan a continuación:

- recopilación bibliográfica a nivel mundial, la que generó dos publicaciones sobre el tema (Aguilar y Lanfranco 1988; Lanfranco y Aguilar 1990)
- capacitación a nivel nacional en diferentes niveles, abarcando aspectos de detección y reconocimiento del daño
- difusión a través de folletos y posters, elaborados por CONAF y Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Además, se han llevado a cabo diversos seminarios sobre el tema
- visitas a otros países. Profesionales chilenos del sector estatal, privado y

Universidades realizaron estadías en países que poseen el problema, estableciéndose contactos con distintos especialistas. En forma especial en 1990 se efectuó una prospección de *S. noctilio* en Bariloche, Argentina, donde se detectó la presencia del insecto en ese momento, sólo en madera aserrada proveniente del norte de Argentina (Aguilar et al. 1990)

- detección precoz. En Chile existen cerca de 600 mil hectáreas de plantaciones, consideradas susceptibles (11-25 años) a *S. noctilio*, por tal razón desde 1990 se ha venido desarrollando un programa de detección precoz a nivel nacional que involucra diversas acciones cuarentenarias. Este programa lo lidera el SAG y es apoyado por las empresas forestales privadas. Su accionar se centra en tres aspectos: establecimiento de barreras sanitarias a nivel nacional, instalación de árboles trampas y desarrollo de un convenio internacional de Cooperación con Argentina orientado principalmente a la detección y control de *S. noctilio* en ese país¹ (Klasmer y Fritz 1995). Además, a partir de Agosto de 1994 el SAG ha promulgado una normativa legal que regula el ingreso de embalajes de madera al país.

Comentarios

Un análisis retrospectivo permite verificar que a través del tiempo diversos son los insectos que se han ido asociando a las plantaciones de *P. radiata*, lo que parece estar en directa relación con el aumento de la superficie de plantaciones. El mayor impacto, como es obvio, lo provocan aquellos insectos que se han introducido, tal es el caso de *R. buoliana*. En torno a este insecto se desarrolla actualmente una estrategia nacional de manejo integrado de la plaga, la cual involucra a todo el sector forestal. También se observa que algunos insectos defoliadores nativos están en proceso

de adaptación al recurso pino, lo que se ha manifestado a través de irrupciones esporádicas. Si bien es cierto que estas situaciones no son permanentes en el tiempo y que se presentan bajo ciertas condiciones ambientales, constituyen en sí elementos de presión al recurso, pudiendo provocar un impacto ecológico y económico.

Con relación a los insectos de introducción potencial, se puede señalar que son diversos, sin embargo, tal como ocurre en otros países que también poseen extensas superficies de plantaciones artificiales de pino, los insectos barrenadores de corteza y de madera son los de mayor susceptibilidad. Dado el tipo de productos que Chile exporta y a las exigencias de los países que le compran, *S. noctilio* es el más relevante. Esto ha significado desarrollar una estrategia a nivel nacional que evite o retarde la introducción de este insecto. En este marco dos aspectos son importantes para evitar la introducción y desarrollo de nuevas plagas:

- fortalecer a nivel país el manejo silvícola intensivo de las plantaciones de *P. radiata*, lo que permite aumentar el vigor a nivel de árbol, del rodal y de la plantación. Además al momento de plantar debe hacerse la elección correcta del sitio, de la densidad y de la calidad de plantas
- otro aspecto importante son las medidas cuarentenarias. Los diversos acuerdos comerciales que Chile ha suscrito recientemente implican sin duda, establecer un sistema de cooperación internacional sobre procedimientos cuarentenarios, siendo fundamental crear conciencia sobre el tema a nivel de país. Como es obvio, debe haber disponibilidad suficiente de recursos humanos y materiales. Bajo este esquema, no cabe duda que las plantaciones de *P. radiata* disminuyen significativamente su susceptibilidad tanto a plagas como enfermedades

¹ Comunicación personal con Sr. M. Beéche y Sr. M. A. Poison, ambos funcionarios del SAG Santiago, Chile, 1996.

Referências

- Aguilar, A.; Lanfranco, D. 1988. Aspectos biológicos y sintomatológicos de *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera-Siricidae): Una revisión. *Bosque* 9(2): 87-91.
- Aguilar, A.; Lanfranco, D.; Puentes, O. 1990. Prospección para la detección de *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae) en Bariloche, República Argentina. Informe de Convenio N° 180. Serie Técnica. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 13 p.
- Baldini, A.; Villa, A. 1992. Bicho del cesto: *Thanatopsycha chilensis* (Lepidoptera: Psychidae). Folleto de Divulgación N° 19. Corporación Nacional Forestal. Protección Fitosanitaria Forestal. s/p.
- Beeche, M., Cerda, L., Herrera, S., Lermenda, M., Moreno, C.; Vergara, C. 1993. Manual de Reconocimiento de Plagas Forestales Cuarentenarias. Santiago, Chile: Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero. 169 p.
- Billings, R. F., Holsten, E. H. and Eglitis, A. 1971. Insects associated with *Pinus radiata* in Chile. *Turrialba* 22: 105-109.
- Cameron, S.; Peredo, H. 1974. Proposición de un Plan Nacional de Prospección Sanitaria Forestal. In: VIII Jornadas Forestales. Valdivia, Chile. 6 p.
- Ciesla, W. Parra, P. 1988. *Orthotomicus erosus*. Wollaston (Coleoptera: Scolytidae) Folleto de Divulgación N° 16. Corporación Nacional Forestal. Protección Fitosanitaria Forestal. s/p.
- Ciesla, W. 1988. Pine Bark Beetles: A new pest management challenge for Chilean foresters. *Journal of Forestry*. 86(12): 21-31.
- Chile. Instituto Forestal. 1996. Estadísticas Forestales. Estadístico N° 45. Boletín. 117 p.
- Chile. Corporación Nacional Forestal. 1996. Se consolida el dinamismo. *Revista Chile Forestal* N° 235. 42-43.
- Corporación Chilena de la Madera. 1995. Las plantaciones en el Hemisferio Sur. *Revista Corma* N° 247. 20-21.
- Dafauce, C. 1974. Fortalecimiento del Programa Forestal Nacional de Chile. Informe Técnico N° 3. Plagas Forestales en Chile. FO: SF/CHI 26. s/p.
- Klasmer, P.; Fritz, G. 1995. Acciones de detección y Control de *Sirex noctilio* en la Región Cordillerana Andino Patagónica Argentina (Hymenoptera, Siricidae, Sericinae). Informe de la Temporada 1993-1994. 12 p.
- Lanfranco, D.; Aguilar, A. 1990. Opciones de control biológico para *Sirex noctilio*: una revisión (Hymenoptera: Siricidae). *Bosque* 11(2): 9-12.
- Lanfranco, D. 1994. Pest problems of intensive forestry: The shoot moth invasion of *radiata* pine in Chile. In: The white pine weevil: Biology, damage and management. Alfaro, R; Kiss, G; Fraser, G., eds. Proceeding of a Symposium held January 19-21, Richmond, British Columbia. Canadá. 301-311.
- Lewis, P. 1996. Ortópteros defoliadores de *Pinus radiata* D. Don: nuevos registros. In: XVIII Congreso Nacional de Entomología. Sociedad Chilena de Entomología/ Universidad de la Frontera. Temuco, 20-22 de Noviembre. p. 11.
- Ohmart, C.P. 1980. Insect pests of *Pinus radiata* plantations: Present and possible future problems. *Australian Forestry*. 43(4): 226-232.
- Osorio, M., Cerda, L., Donoso, M., Peredo, H.; Gara, R. 1977. Programa para la Protección de los Bosques Nacionales. Contribución al Proyecto CONAF/PNUD/FAO. CHI/76/003. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ingeniería Forestal. Valdivia, Chile. 23p.
- Ramirez, O.; De Ferari, L. 1991. Comité Nacional de Sanidad Forestal. Memoria anual 1990. Santiago, Chile: Conaf/ Empresas Forestales. 24p.

- Tribe, G.D. 1995. The *Sirex noctilio* Fabricius (Hymenoptera:Siricidae), a pest of *Pinus* species now established in South Africa. *African Entomology* 3(2): 215-217.
- United States Department of Agriculture, Forest Service. 1993.. Pest Risk Assessment of the Importation of *Pinus radiata*, *Nothofagus dombeyi*, and *Laurelia philippiana* Logs from Chile. Miscellaneous Publication N° 1517, Washington, DC: USDA Forest Service. 248 p.
- Villa, A.; Ojeda, P. 1981. La cuncuna espinuda, un insecto nativo defoliador de pino insigne (Ormiscodes sp. Lepidoptera: Saturniidae). Programa de Control de Plagas y Enfermedades Forestales. CONAF. Folleto de Divulgación N° 5. s/p.

Estado actual de las investigaciones sobre *Sirex noctilio* F. en La region Andino-Patagonica Argentina

P. Klasmer, G. Fritz, J. Corley, E. Botto

Presencia en la Argentina

La avispa taladradora de la madera, *Sirex noctilio* F. es una plaga forestal de reciente introducción en la Argentina. Fue registrada por primera vez en Argentina en 1985, en la provincia de Entre Rios, al este del país (Ezpinoza et al. 1986) y desde allí se dispersó hacia otras provincias: Corrientes e Misiones (NE); Buenos Aires (E); Jujuy (N) e Córdoba (Centro).

Introducción en la Patagônia Argentina

La presencia de *S. noctilio* en esta región fue detectada en 1990, en una maderera cercana a la ciudad de San Carlos de Bariloche (71° W - 41°S), provincia de Río Negro (Aguilar et al. 1990). Se piensa que su ingreso accidental a la región se produjo en maderas infestadas procedentes de Buenos Aires. En enero de 1993 fue localizada en una plantación mixta de coníferas. A partir de entonces se inició un programa de acción contra esta plaga, en el cual se involucraron varias instituciones públicas del País: INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), SFA (Servicio Forestal Andino de Río Negro), IASCAV (Instituto Argentino de Sanidad y Calidad Vegetal) y mas recientemente CONICET (Consejo Nac. de Invest. Científicas y Técnicas).

Objetivos del programa

Control de la plaga

La estrategia inicial contra *S. noctilio* fue la erradicación, ya que su presencia se concentró

en un foco próximo a la maderera. En tal sentido el control se efectuó mediante la eliminación (corte y quema) de los árboles con sintomatología de ataque de la avispa. Para el desarrollo de estas tareas se contó con el financiamiento, durante dos temporadas, de la CPF (Controladora de Plagas Forestales) y el apoyo técnico del SAG (Servicio Agrícola y Ganadero) de Chile.

Monitoreo de la plaga

Se procuró la detección precoz de *S. noctilio* en toda la área de distribución de plantaciones de pinos susceptibles en la zona. Para ello se instalaron parcelas de árboles trampa mediante el empleo de herbicida (p.a. dicamba) aplicado en dosis de 2 ml para 10 cm de perímetro de la base del árbol en parcelas de 6 árboles. Estas parcelas permiten monitorear la dispersión de la plaga y la de sus enemigos naturales.

Estudios bioecológicos

La dinámica poblacional de *S. noctilio* se evaluó en base a las larvas y adultos recolectados de los árboles cebo, como de aquellos infestados naturalmente.

El material fue colocado en jaulas de cría depositadas en la misma plantación.

Se estimaron: la densidad, tasa sexual, período de emergencia de adultos, tamaño y causas de mortalidad. Estos estudios permitieron conocer la fenología poblacional de *S. noctilio*, registrar la presencia de *Ibalia leucospoides* H., único enemigo natural observado hasta el momento (Klasmer & Fritz 1994) y evaluar su impacto sobre la plaga.

Divulgación

La importancia de *S. noctilio*, aspectos de su biología y las medidas de acción a considerar se divulgaron a los productores forestales y a la opinión pública, en general, mediante reuniones, difusión escrita, radial e televisiva.

Un folleto informativo fue elaborado con la colaboración del SAG y el aporte económico de la CFP de Chile.

Situación actual

A tres años de haber comenzado con las investigaciones, se logró la siguiente información:

- el período de actividad de *S. noctilio* comienza a fines de Diciembre y se continúa hasta Mayo
- entre 1993 y 1996, la plaga se dispersó unos 20 km, desde el foco inicial de infestación, en dirección de los vientos predominantes (oeste a este)
- la emergencia de los adultos presenta un pico poblacional en el mes de Marzo
- la densidad de los adultos varió de 8 a 124 m² de superficie de tronco
- la tasa sexual favoreció ligeramente las hembras (1:1,2)
- los ciclos generacionales de *S. noctilio* variaron de 1 a 3 años
- *Ibalia leucospoides* fue el único enemigo natural de *S. noctilio* hallado. Se observó una excelente sincronización entre los ciclos de vida de *S. noctilio* e *I. leucospoides*
- las tasas de parasitismo de *S. noctilio* por *I. leucospoides* variaron entre 20 y 40%, según la temporada
- estos porcentajes de parasitismo se consideran importantes dados los bajos niveles poblacionales de *S. noctilio*

En base a estos resultados se procurará desarrollar una estrategia de control biológico que contemplará los siguientes aspectos:

- mejorar la actividad parasítica de *I. leucospoides*, mediante su liberación periódica estacional (cria - liberación)
- introducir nuevos enemigos naturales (*Beddingia* [= *Deladenus*] *siricidicola*, *Megarhyssa nortoni* [Cresson], e *Rhyssa persuasoria*) para *S. noctilio*
- evaluar el potencial de *Urocerus gigas* como huésped alternativo de *I. leucospoides*
- procurar información básica para elaborar tablas de vida y posibilitar el desarrollo de modelos predictivos de la dinámica poblacional de *S. noctilio*

Controle biológico de *Sirex noctilio* na África do Sul

Geof Tribe

A linhagem Kamona do nematóide parasita *Beddingia* (= *Deladenus*) *siricidicola* foi inoculada em 250 árvores de *Pinus radiata* infectadas com larvas de *S. noctilio* no sudoeste da Província do Cabo, em 1995. Somente 3,3% das árvores haviam sido mortas por *Sirex*. Antes da emergência das vespas de *Sirex* destas árvores, seções destas foram levadas para a estação de pesquisa, onde foram engaiolas individualmente. O parasitismo de *B. siricidicola* foi em média de 23%. Este baixo parasitismo foi devido à baixa dispersão do nematóide dentro das toras após a inoculação, mas espera-se que a taxa de parasitismo suba consideravelmente, quando este for disperso naturalmente pela vespa. Foram propostas importações de *Ibalia leucospoides* e *Megarhyssa nortoni* para melhorar o controle atual exercido por *B. Siricidicola*.

A distribuição de *Sirex noctilio* na África do Sul

Waldo Hinze

Introdução

Na África do Sul, *Sirex* está limitada a uma área com raio de 90 km a partir da Península do Cabo. Esta área está plantada com *P. radiata* e nos sítios mais pobres com *P. pinaster*.

As regiões florestais estão concentradas em áreas de pluviosidade mais alta no leste, entre latitudes 23°S e 34°S. Somente 30 % do país apresenta precipitação superior a 1000 mm por ano. O Cabo Ocidental tem suas chuvas no inverno, o Cabo Sul ao longo de todo o ano e a parte mais oriental do país, no verão.

A área total de reflorestamentos está resumida abaixo:

Coníferas (<i>Pinus</i>)	757 833 ha
Folhosas (<i>Eucalyptus</i>)	670 797 ha
TOTAL	1,428 630 ha

Dispersão esperada da infestação de *Sirex* na África do Sul

Movimento natural

A uma taxa de 30km por ano, *Sirex* deve ficar restrita ao Cabo por um bom número de anos. Há várias regiões ao longo do leste da costa do Cabo onde não há plantios com *Pinus*.

Movimento pelo transporte de madeira

O maior perigo encontra-se no transporte de *Sirex* através de transporte rodoviário, ferroviário ou por navio. *Sirex* pode ser introduzida para a parte norte do país por transporte de toras do sul por mais de 2000 km. *Sirex* pode ser introduzido de fora do país através dos portos de Richards Bay ou Maputu. Além disto, *Sirex* também pode ser introduzido em países compradores de madeira da África

do Sul. Atualmente, madeira é exportada para a Turquia, Coréia, Filipinas e Japão.

Conclusão

O controle biológico de *Sirex* no Cabo Ocidental é vital para as outras regiões florestais da África do Sul e também para países mais ao norte. Caso a praga, eventualmente, atinja as regiões florestais leste e norte, a indústria deve estar preparada para tratar do problema imediatamente. Portanto, o trabalho no controle biológico de *Sirex* é da maior importância.

Siglas

AGRIS-Agricultural Research Information System

BHD-breast height diameter, also DBH, diameter at breast height

BIOCAT-a database of published information on all introductions to date of insect natural enemies against arthropod pests. Created and maintained by CABI-Bioscience.

CABI-Centre for Agriculture and Bioscience International

CLIMEX-a computer program for modeling climate

CNPQ-Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (Brasil)(National Center on Forest Pests)

CONAF-Corporación Nacional Forestal (Chile) (National Forestry Corporation)

CONICET-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (National Council for Scientific and Technical Research)

CONIF-Corporacion Nacional de Investigacion Forestal de Colombia

COSAVE-Comitê Fitossanitário do Cone Sul (Comité de Sanidad Vegetal del Cono Sur, Plant Protection Committee of the Southern Cone)

CPF-Controladora de Plagas Forestales de Chile

CSIRO-Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization

DAP-Dados de diâmetro à altura do peito (diameter at breast height)

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Brasil) (Brazilian Agricultural Corporation)

EPAGRI-Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina (Santa Catarina State Research Company)

FAO-Food and Agriculture Organization (United Nations)

FRI- Forest Research Institute (New Zealand)

FUNCEMA-Fundo Nacional de Controle à Vespa-da-Madeira (Brasil) (National Fund for Woodwasp Control)

IASCAV-Instituto Argentino de Sanidad y Calidad Vegetal (Argentinian Institute of Plant Health and Quality)

IBAMA- (Brasil) National Resources Institute

IIBC-International Institute for Biological Control (formerly CIBC, now CABI Bioscience)

INFOR-Instituto Forestal (Chile)

INTA-Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária (Argentina) (National Institute of Agriculture and Livestock Technology)

IUFRO-International Union of Forest Research Organizations (União Internacional das Organizações de Pesquisa Florestal)

MERCOSUL; MERCOSUR-Southern cone treaty similar to NAFTA

Planin-Computer modeling program for evaluating economic profits

PNCVM-Programma Nacional de controle a vespa-da-madeira (Brasil) (National Program for Woodwasp Control)

PNUD- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (United Nations Program for Development)

PAP-parcelas de amostras permanentes

PSP-permanent sampling plot

RIFALC-Rede de Informação Florestal para a América Latin e Caribe (Latin American and Caribbean Information Systems Network)

SAFCOL-a South African commercial company

SAG-Servicio Agrícola y Ganadero (Chile) (Chilean Agriculture and Livestock Service)

SFA-Servicio Florestal Andino de Río Negro (Rio Negro/Andean Forestry Service)

Sispinus-a computer modeling program; generates tables showing timber growth and production for multiple industrial uses

SPDC-Special Program for Developing Countries (Programa Especial de Apoio a Países em Desenvolvimento)(United Nations)