

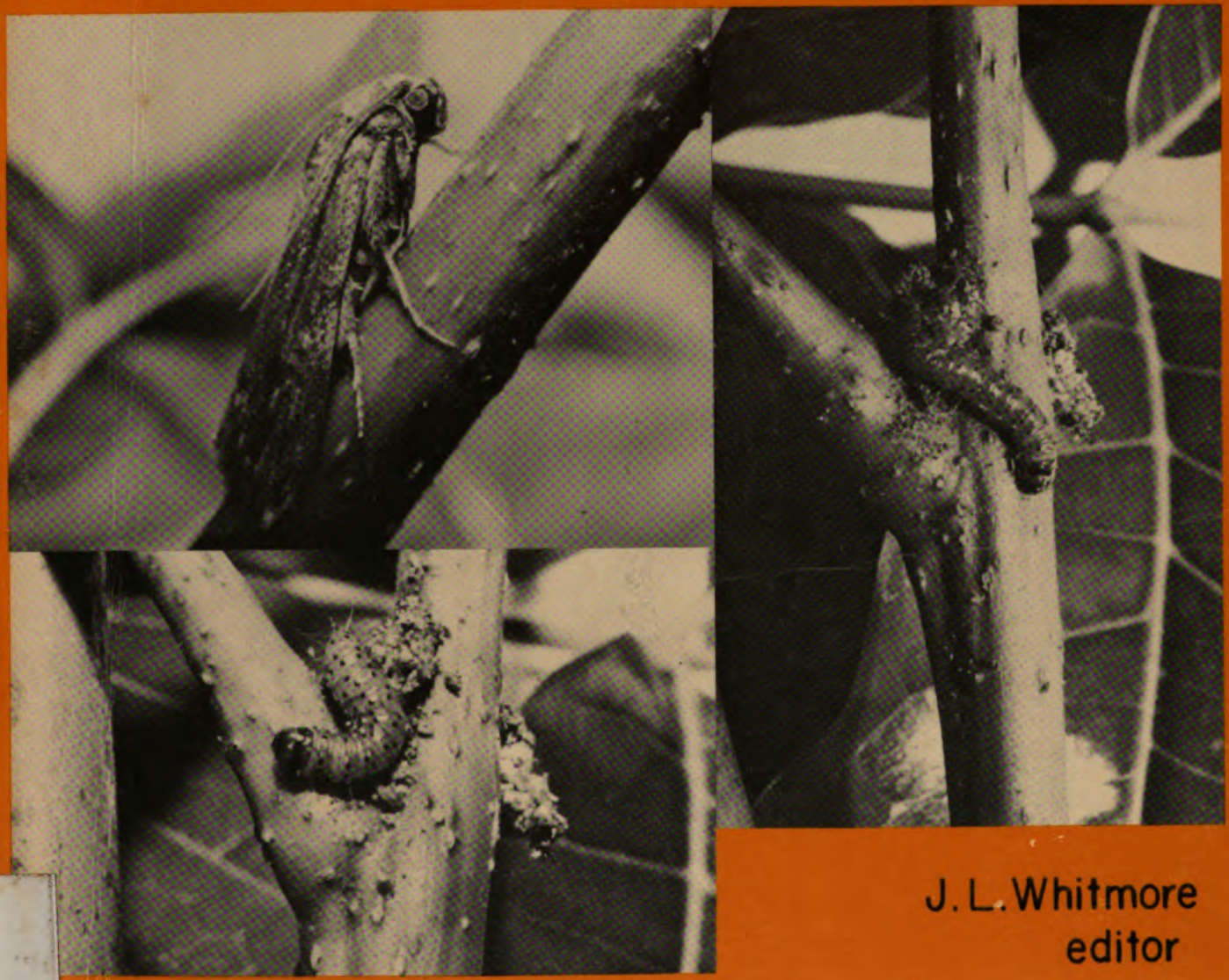
IICA  
PM-101  
V. 3

# STUDIES ON THE SHOOT BORER

## Hypsipyla grandella (Zeller)

### Lep. Pyralidae

Volume III



J. L. Whitmore  
editor

1  
IICA

**ATIE** MISCELLANEOUS PUBLICATION N°1  
**IICA** MISCELLANEOUS PUBLICATION N°101)

CENTRO AGRONOMO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
TURRIALBA, COSTA RICA

1976

Digitized by Google

Cover photos by E.H. Holsten

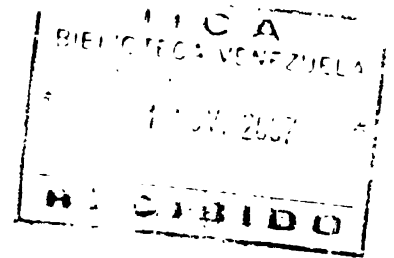
Fotos de la portada por E.H. Holsten

To establish a rotary fund for continuation of this series,  
this publication is being sold at US\$4.00.

A fin de establecer un fondo rotatorio para la continuación  
de esta serie, esta publicación se vende al precio de US\$4.00

STUDIES ON THE SHOOTBORER  
*Hypsipyla grandella* (Zeller)  
Lep. Pyralidae

Volume III



J. L. Whitmore  
editor  
1976

00000250

~~001149~~

## TABLE OF CONTENTS

|  | Page |
|--|------|
| 1. Preface . . . . .   | 1    |
| 2. Taxonomía de las Meliáceas Latino-Americanas. — L. R. Holdridge. . . . .  | 5    |
| 3. Ecología de las Meliáceas Latino-Americanas. — L. R. Holdridge. . . . .   | 7    |
| 4. Propiedades de la madera de algunas Meliáceas de la América Tropical. — G. González. . . . .  | 8    |
| 5. Silvicultural experiences with selected valuable forest tree species in Haiti. — R. Smith, L. Brisson. . . . .  | 18   |
| 6. Zonificación y silvicultura de Meliáceas. — P. Rosero. . . . .  | 21   |
| 7. Influencia de la silvicultura en el comportamiento de <i>Cedrela</i> en Surinam. — L. Vega. . . . .   | 26   |
| 8. Repellent and/or feeding-deterrent chemicals in tree tissues as bases for tree resistance to insect pests. — D. M. Norris. . . . .  | 50   |
| 9. Myths regarding <i>Hypsipyla</i> and its host plants. — J. L. Whitmore. . . . .   | 54   |
| 10. Control de <i>Hypsipyla grandella</i> (Zeller) por métodos microbiológicos. — O. Hidalgo-Salvatierra. . . . .  | 56   |
| 11. Comments on the population dynamics of <i>Hypsipyla grandella</i> (Zeller). — J. Ramírez-Sánchez. . . . .  | 57   |
| 12. Consideraciones sobre el problema <i>Hypsipyla grandella</i> (Zeller) en las plantaciones de Meliaceae en el Perú. — M. J. Dourojeanni. . . . .  | 60   |
| 13. Protection of Spanish cedar with controlled release insecticides. — R. M. Wilkins, G. G. Allan, R. I. Gara. . . . .  | 63   |
| 14. Studies on attractants of the mahogany shootborer, <i>Hypsipyla grandella</i> Zeller (Lepidoptera, Phycitidae) in Costa Rica. — E. H. Holsten, R. I. Gara. . . . .   | 71   |
| 15. The comparative toxicity of aldicarb, carbofuran and the natural toxicant of <i>Toona ciliata</i> M. Roem, var. <i>australis</i> to first instar larvae. — G. G. Allan, R. I. Gara, S. C. Roberts. . . . . | 77   |
| 16. Análisis de 12 plantaciones de <i>Toona ciliata</i> en Turrialba, Costa Rica. — A. Otárola, J. L. Whitmore, R. Salazar. . . . .  | 82   |
| 17. Insect and host response to host moisture stress: a study of <i>Hypsipyla grandella</i> (Zeller) (Lepidoptera, Pyralidae) and <i>Cedrela angustifolia</i> Sessé & Moc. (Meliaceae). — D. D. Sliwa. . . . . | 89   |
| 18. Resistance of Meliaceae against the shootborer <i>Hypsipyla</i> with particular reference to <i>Toona ciliata</i> M.J. Roem. var. <i>australis</i> (F.v. Muell). C. DC. — P. Grijpma. . . . .              | 90   |
| 19. Comportamiento de 5 especies de Meliaceae en Florencia Sur, Turrialba, — J. C. Sánchez, E. H. Holsten, J. L. Whitmore. . . . .   | 97   |
| 20. Laboratory breeding of parasites of <i>Hypsipyla</i> spp. — F. D. Bennett. . . . .   | 104  |
| 21. Photographic description of <i>Hypsipyla grandella</i> . — E. H. Holsten. . . . .  | 112  |



## PREFACE

This collection of articles is the third such volume resulting from investigations carried out by members of the Inter-American Working Group on the Shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller). Many of the articles were published previously and are noted accordingly, with proper credit given.

The contents of this volume reflect the growth of the Working Group's research on this tropical forest insect which affects some of the more important tree species of the Mahogany family, Meliaceae. The articles are published here in either English or Spanish and in most cases abstracted. Some are presented in abridged or abstracted form only. Most represent new information which eventually may result in control of this insect pest and more successful commercial establishment of the tree species involved. Others review previous knowledge and offer necessary background for the study of *Hypsipyla grandella*.

The Proceedings of the First Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*, which have long been both out of print and in demand, presented a valuable collection of articles concerned with *Hypsipyla* and its host plants. With the publication of this third volume, these articles are once again available: they are scattered throughout volumes I, II and III either in original or modified form.

This volume, more so than volumes I and II, contains articles only indirectly related to *Hypsipyla grandella*, many of which were also published in the above mentioned Proceedings. They are included here to emphasize the need to remember the overall objective for studying *Hypsipyla* in the first place. Although the insect merits study as a component of the tropical environment *per se*, our main purpose is to make plantations of valuable and fastgrowing timber species of the Meliaceae more feasible.

Also included are articles which suggest that it may be both possible and necessary for us to produce the desired wood and live in harmony with *Hypsipyla* at the same time. A better understanding of optimum site conditions and plantation techniques may eventually make this form of "control" the more practical.

The Inter-American Working Group on *Hypsipyla grandella*, established at Turrialba in September, 1970, has over 100 members who represent 28 countries. The initial stimulus provided by, and the subsequent participation of Dr. R.I. Gara, Dr. G.G. Allan and their students from the College of Forest Resources, University of Washington, Seattle, deserve special mention. Also, the dedication and assistance of Mr. Oscar Ovarés and Mr. Juan Carlos Sánchez, both of the CATIE\*, Department of Natural Resources, were large and positive factors, in the working group's endeavors both in Turrialba and elsewhere. The main factor in the group's efforts, however, has been the dedicated direction of Dr. Pieter Grijpma, who founded the group and served as coordinator during its first four years.

Funds for this publication were made available by the Netherlands Bureau of International Technical Assistance which, together with the Department of Natural Resources and the Nuclear Energy Program of CATIE, also supported the research.

J. L. Whitmore

\* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, formerly IICA-CTEI (Centro Tropical de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas).





## PREFACIO

Esta colección de artículos es el tercer volumen resultante de las investigaciones llevadas a cabo por miembros del Grupo Interamericano de Trabajo sobre el Barrenador *Hypsipyla grandella* (Zeller). Muchos de los artículos contenidos en este volumen fueron previamente publicados y están anotados por consiguiente, con el propio crédito atribuido.

El contenido de este volumen refleja el desarrollo de la investigación del Grupo sobre este insecto forestal tropical, que afecta algunas de las más importantes especies de la familia Meliaceae.

Los artículos son publicados aquí indiferentemente en Español o en Inglés, y en la mayoría de los casos son resumidos. Algunos son presentados solo en la forma abreviada o resumida. La mayoría representa información nueva que eventualmente podría resultar en un adecuado control de este insecto, y en el establecimiento de plantaciones más prósperas del árbol de la especie implicada. Otros revisan trabajos previstos u ofrecen experiencias que son necesarias para el estudio de *Hypsipyla grandella*.

Las memorias del Primer Simposio sobre Control Integrado de *Hypsipyla*, de las cuales hay mucha demanda pero que desafortunadamente están agotadas, presentaron una valiosa colección de artículos relacionados con *Hypsipyla* y su planta hospedante. Con la publicación de este tercer volumen, estos artículos están disponibles otra vez: están incluidos en los volúmenes, I, II y III en su forma original, o algo modificado.

Este volumen, más que los volúmenes I y II, contiene artículos relacionados solo indirectamente a *Hypsipyla grandella*, muchos de los cuales fueron también publicados en las anteriores Memorias mencionadas. Ellos están incluidos aquí para enfatizar en primer lugar la necesidad de recordar el objetivo principal del estudio de *Hypsipyla*. Aunque el insecto amerita estudiarlo como un componente del ambiente tropical, nuestro propósito principal es el de establecer con éxito plantaciones de las especies maderables valiosas y de rápido crecimiento de la familia Meliaceae.

También se han incluido artículos que nos sugieren que podría ser posible y necesario producir la madera deseada y al mismo tiempo vivir en armonía con *Hypsipyla*. Con una mejor comprensión de las condiciones óptimas del sitio y de las técnicas de plantación, podría ser eventualmente esta forma de "control" la más adecuada.

El Grupo Interamericano de Trabajo sobre *Hypsipyla grandella*, establecido en Turrialba en setiembre de 1970, tiene más de 100 miembros, quienes representan a 28 países. El estímulo inicial dado, y la subsecuente participación del Dr. R.I. Gara, Dr. G.G. Allan y sus estudiantes del Colegio de Recursos Forestales de la Universidad de Washington, Seattle, merecen especial mención. También la dedicación y asistencia de los señores Oscar Ovares y Juan Carlos Sánchez, ambos del CATIE\*, Departamento de Ciencias Forestales, fueron factores grandes y positivos en el esfuerzo conjunto del Grupo de Trabajo en Turrialba y de otras partes. Sin embargo, el factor principal en el empeño del Grupo, ha sido la dedicada dirección del Dr. Pieter Grijpma, quien fundó el grupo y fungió como Coordinador durante los primeros cuatro años.

Los fondos para esta publicación fueron suplidos por la Oficina de Asistencia Técnica Internacional de Holanda que, junto con el Departamento de Ciencias Forestales y el Programa de Energía Nuclear del CATIE, también apoyaron a la investigación.

J. L. Whitmore

---

\* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, anteriormente IICA—CTEI (Centro Tropical de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas).



**TAXONOMIA DE LAS MELIACEAS  
LATINOAMERICANAS \***

*L. R. Holdridge*

Ecólogo, Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica.

MELIACEAE es la sola familia del orden MELIALES que está entre las RUTALES y SAPINDALES.

Incluye como 50 géneros en total.

Unos géneros del Viejo Mundo.

*Melia azadirach* L.

Ornamental. Naturalizada en parte aquí.

*Lansium domesticum* Jack

Arilos comestibles. De Malaya

*Sandoricum indicum*

el último trifoliolada.

*Trichilia emetica*

Produce aceite grasoso comestible para velas y jabones.

*Khaya, Entandrophragma* de Africa

*Lovoa, Trichilia*

Maderas del

*Toona, Dysoxylon, Soyimida*

Viejo Mundo

*Flindersia, Chloroxylon, Chickrassia*

De los de arriba he visto *Melia, Toona, Khaya* y *Sandoricum* plantados en este hemisferio.

Nuestros géneros son siete:

*Cedrela, Swietenia, Elutheria (Schmardaea)* y *Cabralea* de este hemisferio.

*Trichilia, Guarea* y *Carapa* de ambos hemisferios.

**CLAVE DE LOS GENEROS DE LAS MELIACEAS  
DEL HEMISFERIO OCCIDENTAL**

Hojas bipinnadas

**MELIA**

Hojas una vez pinnadas  
Hojas imparipinnadas  
Semillas aladas

**ELUTHERIA**

Semillas sin alas

**TRICHILIA**

Hojas paripinnadas  
Hojas con crecimiento terminal

**GUAREA**

Hojas sin crecimiento terminal  
Semillas aladas  
Cápsula abriendo de  
abajo; hojas coriáceas

**SWIETENIA**

Cápsula abriendo de  
arriba; hojas delgadas

**CEDRELA**

Semillas sin alas  
Fruto grande, más de  
5 cm en diámetro

**CARAPA**

Fruto pequeño, menos de  
2 cm en diámetro

**CABRALEA**

|                  |   |                  |   |
|------------------|---|------------------|---|
| <i>Elutheria</i> | 1 ó 2 especies en los Andes de Colombia a Perú. Árboles pequeños, hojas imparipinnadas con 3 a 6 pares de hojuelas pequeñas, dentadas, peludas. El fruto es una cápsula de 4 válvulas, las semillas aladas. | <i>Cedrela</i>   | De 10 a 15 especies. Árboles hasta tamaño grande. Paripinnadas, con 3 a 16 pares de hojuelas. Fruto una cápsula de 5 válvulas abriendo hacia abajo. Difiere de <i>Toona</i> en la manera que se juntan las alas con la semilla. |
| <i>Melia</i>     | 1 especie introducida, <i>Melia azaderach</i> , comúnmente plantada en este hemisferio como ornamental y por los Menonitas en el Chaco paraguayo para madera fina. Flores lilas. Fruto una drupa.           | <i>Cabralea</i>  | 30 a 40 especies desde el centro de Brasil hasta Argentina. Arbustos y arbolitos hasta árboles grandes. Paripinnadas con 8 ó más pares de hojuelas. Fruto pequeño con semillas verdes.  |
| <i>Swietenia</i> | Antes 6 especies, ahora 3. Árboles grandes, hojas paripinnadas, generalmente con 2 a 6 pares de hojuelas. Cápsula con 5 válvulas abriendo hacia arriba. Semillas aladas.                                    | <i>Guarea</i>    | 200 especies de las Américas y África Occidental. Arbustos hasta árboles grandes. Paripinnadas con crecimiento terminal. El fruto es una cápsula con 4 a 5 válvulas.  |
| <i>Carapa</i>    | Como 10 especies. África y el Nuevo Mundo. Arbol grande hasta de 2 m de diámetro y 50 m de altura. Fruto grande, subgloboso, ovoide, indehiscente con 1 a 8 semillas anguladas.                             | <i>Trichilia</i> | 200 especies en las Américas, África Occidental y Madagascar. Imparipinnada o raramente digitada o unifoliolada. Fruto una cápsula con 3 válvulas y 3 semillas.   |

## ECOLOGIA DE LAS MELIACEAS LATINOAMERICANAS \*

L. R. Holdridge

Ecólogo, Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica

Muchas veces, los problemas de plagas o pestes en plantaciones han recibido demasiado énfasis con el resultado que los productores no piensan más que en los controles químicos o biológicos. Se olvidan a veces que un organismo más fuerte es generalmente más resistente a los ataques de parásitos. Para producir plantaciones de árboles fuertes y resistentes hay que plantarlos en condiciones de clima y suelo que sean satisfactorias para el crecimiento de la especie o las especies. También hay que recordar que la mayoría de los rodales naturales de árboles en los trópicos son de muchas especies. Es posible que unas especies que tienen mal comportamiento en plantaciones sean excelentes si son manejadas en bosques mezclados. Como el estudio de los factores ambientales se llama ecología, vamos a explorar un poco la ecología o requisitos ecológicos de los árboles de la familia MELIACEAE que crece en las Américas.

Los géneros nativos que sufren fuertes ataques de *Hypsipyla* son *Cedrela*, *Swietenia* y *Carapa*. Es interesante que los primeros dos producen semillas aladas en abundancia, una característica de muchos árboles invasores. He visto regeneración natural de *S. mahagoni* y *S. macrophylla* densísima y completamente cubriendo el suelo. *Carapa* tiene semillas grandes con mucho aceite que pueden flotar y producir masas densas de arbolitos en terreno cienagoso. O sea la concentración de brinzales en estos géneros ofreció un nicho para la evolución de un insecto como *Hypsipyla*. *Guarea* y *Trichilia* tienen frutos y semillas que probablemente son dispersados anchamente por pájaros y murciélagos y aparentemente no han ofrecido un nicho para un insecto barrenador como *Hypsipyla*.

Climáticamente, *Cedrela* encuentra sus mejores condiciones de salud en las zonas de vida húmeda basales en las regiones tropical, subtropical y en la parte de la templada del hemisferio sur donde hay temperaturas que pasan muy poco abajo de 0° celsius. También crecen en las fajas premontanas o montano bajo de la región tropical. Puede entrar en zonas de vida más secas si hay agua disponible en adición a la de lluvia. Crece aún mejor en zonas de vida húmedas en condiciones de suelos fértiles pero con buen drenaje. Pero la mayoría de los fracasos con *Cedrela* han sido en climas muy húmedos o pluviales en suelos zonales, infértiles o sin drenaje excepcional.

*Swietenia* no soporta temperaturas tan bajas como *Cedrela*. Es mayormente restringida a zonas de vida húmedo subtropical, húmedo premontano tropical. Mayor distribución en cuanto a lluvia depende como en *Cedrela* de los suelos.

*Carapa* parece ser mayormente restringida a una zona de vida, sea el muy húmedo tropical. Va a la zona de vida húmedo tropical en parte en ciénagas. No va al premontano en los trópicos ni a los subtrópicos. Es más restringido en cuanto a biotemperaturas que ambos *Cedrela* y *Swietenia*.

*Guarea* y *Trichilia* contienen unas especies de buen tamaño y madera de buena calidad. Como no han sido atacados por *Hypsipyla* hasta la fecha merecen más atención cuando los forestales buscan árboles para plantaciones. La distribución ecológica de los géneros es amplia y la ecología de especies específicas tendría que ser estudiada aparte.

\* Proceedings First Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*, IICA-CTEI (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 1973

# PROPIEDADES DE LA MADERA DE ALGUNAS MELIACEAS DE LA AMERICA TROPICAL \*

Guillermo E. González T.

Ingeniero Químico  
Laboratorio de Productos Forestales del CATIE  
San José, Costa Rica

## ABSTRACT

This article reviews the physical and mechanical properties, drying and preservation characteristics, workability, durability and uses of *Carapa*, *Cedrela* and *Swietenia*, the three principal commercial genera of the neotropical Meliaceae. In effect, it describes our main reasons for studying *Hypsipyla*, namely the production of wood of a given quality range. It concludes that one solution to the *Hypsipyla* problem might be to use non-Meliaceae woods of a similar quality, such as *Cordia alliodora*, *Prioria copaifera*, *Brosimum* sp., *Simaruba amara* and *Virola* sp.

La familia Meliaceae se encuentra representada principalmente en las regiones tropicales y subtropicales de América, África y Asia. Además se extiende a Nueva Zelanda y a lo largo de la Costa Oriental de Australia (13).

El leño de las especies de esta familia muestra un amplio ámbito de variación en apariencia y propiedades, pero las de mayor valor comercial son de un color rojizo,

usualmente con lustre dorado y ocasionalmente fragantes.

La madera varía de poco a medianamente densa. Es fácil de secar, fácil de trabajar, moderadamente a muy durable, dimensionalmente estable y de figura atractiva, a menudo realmente bella.

Los géneros más importantes y su distribución pueden ser agrupados de la siguiente manera:

### Distribución de los géneros más importantes de la familia Meliaceae.

| América Tropical | África Occidental      | Australia        | India              | Filipinas      |
|------------------|------------------------|------------------|--------------------|----------------|
| <i>Swietenia</i> | <i>Khaya</i>           | <i>Toona</i>     | <i>Azadirachta</i> | <i>Toona</i>   |
| <i>Cedrela</i>   | <i>Entandrophragma</i> | <i>Cedrela</i>   | <i>Melia</i>       | <i>Cedrela</i> |
| <i>Carapa</i>    | <i>Lovoa</i>           | <i>Dysoxylum</i> | <i>Soymida</i>     |                |
|                  | <i>Trichilia</i>       |                  | <i>Chukrasia</i>   |                |
|                  |                        |                  | <i>Toona</i>       |                |
|                  |                        |                  | <i>Cedrela</i>     |                |

\* Proceedings First Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*, IICA-CITE (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 1973

El presente trabajo se referirá a algunas maderas de los géneros distribuidos en el Continente Americano.

*Carapa* sp.

El género *Carapa*, consiste de cuatro especies y su distribución es la siguiente (8):

#### Especie

*C. guianensis* Aubl.

*C. nicaraguensis* C. DC.

*C. surinamensis* Miq.

*C. macrocarpa* Ducke

#### Distribución

Las Antillas; desde Centro América hasta el norte del Ecuador; Colombia, Venezuela, las Guyanas, la amazonia Brasileña, y el este del Perú.

Desde Nicaragua hasta el norte del Ecuador.

Limitada a Surinam y la Guyana Francesa.

Aparentemente limitada a Pará, Brasil.

La especie mejor conocida y más extensamente distribuida es *C. guianensis* Aubl. Este árbol se desarrolla en las áreas anegadas de los deltas de los ríos y en los llanos plenamente inundados, aunque algunas veces puede encontrarse en partes más elevadas (13).

Bajo condiciones favorables de crecimiento, alcanza alturas hasta de 56 m y diámetro de 2 m, siendo más comunes los árboles con una altura de 33 m y con diámetro de 1 m (13).

La madera de *Carapa* se asemeja a la de caoba (*Swietenia* sp.) y también algunas veces a la de *Cedrela*, en cuanto a color, apariencia general y en algunas propiedades físicas y mecánicas, pero adolece del alto lustre y de la figura atractiva presente en las mejores calidades de caoba.

En condición verde existe una marcada diferencia de coloración entre la albura y el duramen, siendo la albura de color anaranjado claro y el duramen pardo rojizo. En condición seca la albura es de color gris parduzco claro, mientras que el duramen es pardo oscuro (18). El color de la *Carapa* es generalmente más oscuro que el de la caoba debido al color de las gomas que se acumulan en sus vasos (8).

La textura varía de gruesa a fina, siendo generalmente mediana. El lustre es mediano, siendo a menudo escaso en la superficie tangencial, y algunas veces elevado con reflejos dorados en la superficie radial. El grano es usualmente recto, pero en trozas grandes puede encontrarse entrecruzado. En condición seca la madera no presenta olor ni sabor (8, 18).

#### Propiedades Físicas y Características de Secado

La *Carapa* del distrito de Donoso en la Costa Atlántica de la República de Panamá ensayada en el Laboratorio de Productos Forestales, Costa Rica, presenta valores de peso específico similares a los presentados por la *Carapa guianensis* y la *Carapa surinamensis*. Los valores de las contracciones radial y tangencial de estas especies son moderados exceptuando *Carapa surinamensis*, la que presenta una razón de contracciones bastante desfavorable.

La madera de *Carapa* es moderadamente fácil de secar pero seca algo lentamente y tiende a desarrollar rajaduras superficiales (15, 16).

#### Propiedades Mecánicas

*Carapa* es la más pesada de las tres maderas en discusión. Presenta valores bastante más altos que *Cedrela* y *Swietenia* tanto en flexión estática como en dureza. Sobrepassa al White oak, *Quercus alba* de los Estados Unidos, una madera más densa (peso específico básico de 0.60), en flexión estática, siendo un poco inferior en dureza.

#### Durabilidad natural y preservación

La madera de *Carapa* se considera resistente a no resistente a la pudrición. Ensayos en diferentes localidades muestran resultados variables, indicando que la densidad puede ser un factor que afecta la durabilidad de esta especie.

Se ha encontrado que esta especie es muy propensa al ataque por termitas de la madera seca.

Ensayos de campo en Inglaterra (1) mostraron que esta madera es durable. La madera de *Carapa* ensayada en el Laboratorio de Productos Forestales de Costa Rica resultó moderadamente difícil de preservar.

#### Trabajabilidad

*Carapa* es bastante fácil de trabajar a máquina y con herramientas manuales. Ensayos de trabajabilidad llevados a cabo en el "U.S. Forest Products Laboratory" mostraron que *Carapa nicaraguensis* tiene buenas propiedades de cepillado, moldeado, torneado, escoplado, lijado y huequeado (8).

De acuerdo a ensayos efectuados en el Laboratorio de Productos Forestales de Costa Rica la madera de *Carapa* es fácilmente trabajable y pueden lograrse acabados lisos al cepillado (15, 18).

#### Especie

*Cedrela angustifolia* Sessé & Moc. ex DC.

*Cedrela fissilis* Vell.

*Cedrela lilloi* C. DC.

*Cedrela montana* Turcz

*Cedrela oaxacensis* C. DC. & Rose

*Cedrela odorata* L.

*Cedrela weberbauerii* Harms

#### Distribución

Desde México hasta el Norte de Argentina. Ausente en las Antillas como árboles nativos.

Perú, Brasil, Bolivia, Paraguay y Argentina.

Perú, Bolivia y Argentina

Venezuela, Colombia y Ecuador

Desde Durango, México hasta la Provincia de Chiriquí, Panamá

Desde el norte de México incluyendo las Antillas hasta la desembocadura del río Amazonas en el Brasil.

Limitada al Perú

#### Usos

Hess y Wangaard (6) opinan que la madera de *Carapa guianensis* parece adecuada para usos donde la durabilidad no intervenga.

Eso incluye muebles sólidos, partes de muebles, chapas, madera contrachapada, pisos para viviendas e industriales, y guarniciones internas.

En Costa Rica la madera de *Carapa* se usa principalmente en la industria de la construcción, fabricación de muebles, patas de muebles, chapa y madera contrachapada.

#### *Cedrela* sp.

De acuerdo con un trabajo exhaustivo efectuado por Smith (14), las especies de género *Cedrela* son siete y se distribuyen de la siguiente forma:

El cedro crece mejor en suelos fértiles y bien drenados y no tolera las tierras pantanosas (13). Bajo condiciones favorables de crecimiento los árboles pueden alcanzar alturas hasta de 55 m y diámetro de 1 a 1,5 m. Usualmente el tronco se encuentra libre de gambas y llega a alcanzar fustes comerciales de más de 20 m.

La madera en condición verde muestra diferenciación de color entre la albura y el duramen, siendo este último de color rosado a pardo rojizo mientras que la albura es de color blanco grisáceo. El grano es comúnmente recto aunque algunas veces se encuentra entrecruzado. El lustre varía de mediano a elevado. Usualmente presenta un olor característico producido por los aceites y resinas volátiles presentes en la madera (11, 16).

#### Propiedades Físicas y Características de Secado

La madera de cedro con un peso específico básico de 0,38 es moderadamente más liviana que la caoba que presenta uno de 0,45.

El cedro presenta contracciones moderadas y tiene una razón de contracciones bastante favorables, apenas un poco mayor que la exhibida por la caoba.

El secado de la madera de cedro varía de rápido a moderadamente rápido, y se realiza sin defectos.

#### Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas del cedro (flexión estática y dureza), están proporcionadas a su peso específico



moderadamente liviano (0,38), y por lo tanto son menores, en general que los valores mostrados por las especies de *Carapa* y *Swietenia*.

### Durabilidad natural y preservación

La madera de cedro se caracteriza por tener una alta resistencia al ataque de hongos y de insectos, siendo altamente resistente a elementos ambientales, como el agua y la luz. Ninguna de las estacas de *Cedrela oaxacensis* (sin. *C. tonduzii*), plantadas en un campo de prueba en el IICA, Turrialba, ha fallado ni presenta mayores ataques después de más de dos años de exposición, lo que en cierto modo confirma la alta resistencia de esta madera a la pudrición.

Ensayos de preservación llevados a cabo en el Laboratorio de Productos Forestales de Costa Rica, mostraron que la madera *C. oaxacensis* es muy difícil de preservar (2, 18).

### Trabajabilidad

El cedro es muy fácil de trabajar, dando buenos resultados en cepillado, torneado, tallado y lijado. Mues-

tra buenas propiedades en clavado y atornillado, es fácil de encolar y tiene buenas características de pintado y acabado.

La *Cedrela oaxacensis* estudiada en el Laboratorio de Productos Forestales, Costa Rica presentó buenas características de trabajabilidad pero mostró cierta tendencia a producir grano rasgado durante el cepillado (18).

### Usos

Siendo el cedro una madera liviana pero fuerte, de grano recto, fácil de trabajar, durable y de figura atractiva, se utiliza localmente en forma muy extensiva para la fabricación de muebles sólidos, en la construcción, ebanistería, hechura de molduras, instrumentos musicales y es muy usada en la producción de chapa y madera contrachapada.

### *Swietenia* sp.

Hoy en día se reconocen tres especies distintas de género *Swietenia* (9):

| Especies                          | Distribución  |
|-----------------------------------|---|
| <i>Swietenia mahagoni</i> Jacq.   | Las Antillas y el sur de la Florida.  |
| <i>Swietenia humilis</i> Zucc.    | En las áreas secas de la Costa del Pacífico desde el sureste de México hasta Costa Rica;  |
| <i>Swietenia macrophylla</i> King | En las regiones lluviosas desde el sur de México, a través de Centro América, Colombia, Venezuela, la Cuenca del Amazonas, el este del Perú, y el norte de Bolivia. |

De estas tres especies, solamente *Swietenia macrophylla* King es comercialmente importante para la producción de madera. Los árboles de caoba llegan a alcanzar alturas de 46 m y diámetro de 3 a 4 m.

Generalmente se obtienen fustes comerciales de 18 a 24 m. Desarrolla óptimamente en suelos fértiles de bosques lluviosos y en las márgenes de los ríos a elevaciones entre los 180 y 900 m (13).

La calidad de la madera varía de acuerdo a las condiciones locales y las variaciones de densidad, textura y color encontradas en todo el ámbito de su distribución, no son mayores que las que pueden encontrarse dentro de los límites de una área geográfica determinada (13).

La madera recién cortada puede mostrar un duramen rojizo, rosado, de color salmón o amarillento, el cual cambia en condición seca a un color dorado rojizo encendido. La albura es de color amarillento o blancuzco

amarillento. El lustre es típicamente elevado, la textura varía de fina a gruesa, el grano puede ser recto o entrecruzado, en forma de ovas de pescado, ondulado, o rizado, produciendo a menudo una figura muy atractiva. La caoba no presenta olor ni sabor (9, 13).

### Propiedades Físicas y Características de Secado

La caoba es una madera moderadamente pesada. Tiene un peso específico básico de 0,45. Las contracciones radial y tangencial muestran valores muy bajos para una madera de esta densidad. Además presenta una razón de contracciones muy favorable, lo que le confiere su reconocida alta estabilidad dimensional.

La caoba puede ser secada tanto al aire como en secaderos artificiales, y seca rápida y fácilmente sin desarrollar los defectos de secado.

## Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas de la caoba son estre-  
madamente buenas para una madera de su densidad.

## Trabajabilidad

La caoba es una de las maderas más fácilmente  
trabajables. En un estudio comparativo sobre maderas  
usadas en la fabricación de muebles efectuado por el U.  
S. Forest Products Laboratory (9), en el que se evaluó  
las propiedades de trabajabilidad de la caoba y 25 otras  
especies norteamericanas, la caoba mostró el valor más  
alto en moldeado, en cepillado el tercer valor más alto, el  
quinto en torneado, en cuanto al número de piezas sin  
defectos. Además, en taladrado y labrado de la madera,  
los espécimenes de prueba produjeron de buenos a exce-  
lentes resultados.

La madera de Caoba es fácil de encolar, y tiene  
buenas propiedades de clavado y atornillado. También  
puede ser lustrada excelentemente por cualquiera de los  
métodos convencionales de lustrado.

Esta madera es además una de las más fáciles de  
"pelar" y "cuchillar" para la obtención de chapas (16).

## Durabilidad Natural y Preservación

La caoba es considerada resistente a la pudrición,  
moderadamente resistente a las termitas, y poco resis-  
tente a los taladradores marinos. Es altamente resistente  
a los elementos ambientales cuando la madera se expone  
sin ninguna protección.

La caoba es extremadamente resistente a la im-  
pregnación con sustancias preservadoras.

## Usos

La caoba se usa cuando se requiere una madera de  
figura atractiva, dimensionalmente estable, liviana, pero  
fuerte. Algunos de sus principales usos son: muebles  
finos, trabajos arquitectónicos y paredes ornamentales,  
muebles para radios y televisores, botes y barcos, mol-  
duras, cofres, esculturas, torneado y tallado. Se usa tam-  
bién para la construcción de instrumentos musicales, par-  
ticularmente pianos. Una gran proporción de toda la  
caoba se usa en forma de chapa y madera contrachapada,  
a menudo con *Cedrela* o alguna otra especie menos valio-  
sa usada como alma, como chapa trasera o como ambas  
(16).

## Conclusiones

Estas especies han sido de enorme importancia en  
el desarrollo de la industria maderera en la América La-  
tina y su explotación ha sido casi exhaustiva.

La creciente falta de disponibilidad de estas es-  
pecies y sus altos precios han provocado que la utiliza-  
ción de estas especies se haya ido limitando.

Algunas otras especies, tales como *Cordia  
alliodora*, *Prioria copaifera*, *Brosimum* sp., *Simaruba  
amara*, *Virola* sp., y otras podrían competir con las espe-  
cies de las Meliáceas en algunas de sus muchas aplicacio-  
nes, tomando en consideración que con el uso de preser-  
vantes y acabados, por ejemplo, podrían mejorar aprecia-  
blemente las cualidades y apariencia de algunas de esas  
especies.

## Referencias

1. ARMSTRONG, F. H. The strength properties of timber  
(Gt. Brit.) Dept. Sci. and Ind. Res. Forest Prod.  
Res. Bul. 28.
2. CAMARGO, R. 1968. Tratamientos preservadores guías  
para once maderas de Costa Rica. Tesis de grado  
Magister Scientae. Instituto Interamericano de  
Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, 87 pp.
3. GONZALEZ, M., L. LLACH y G. GONZALEZ. 1971.  
Maderas Latinoamericanas VII. Características ana-  
tómicas, de secado y tratabilidad de la madera ju-  
venil de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. Tu-  
rialba 21(3):350-356.
4. HAIR, D. y ULRICH, Alice H. 1970. The Demand and  
Price Situation for Forest Products 1969-70.  
Miscellaneous Publication No. 1165. U. S. Depart-  
ment of Agriculture, Forest Service. 79 pp.
5. HARRAR, ELLWOOD, S. 1962. Some Physical Prop-  
erties of Modern Cabinet Woods III. Directional and  
Volumetric Shrinkage. Tropical Woods No. 71,  
Yale University, New Haven, Conn.
6. HESS, R. W., F. F. WANGAARD, and E. DICKINSON.  
1950. Properties and uses of Tropical Woods, II.  
Tropical Woods 97.
7. HORN, E. F. 1918. Properties and uses of some of the  
more important woods grown in Brazil. Report No.  
R83, U. S. Forest Service, 41 pp.
8. KUKACHKA, B. F. 1962. Crabwood, *Carapa* sp.,  
Meliaceae. Forest Products Laboratory, Forest  
Service, U. S. Department of Agriculture Report  
No. 2247, 8 pp.
9. \_\_\_\_\_, 1965. Mahogany, *Swietenia macrophylla*  
King, Meliaceae Forest Products Laboratory,  
Forest Service, U. S. Department of Agriculture  
Report No. 2167, 12 pp.
10. \_\_\_\_\_, 1970. Properties of imported tropical  
woods. USDA. Forest Service research paper FPL  
125. 67 pp.
11. \_\_\_\_\_, 1964. Spanish-Cedar *Cedrela* spp. U. S.  
Forest Service Research Note. FPL-078, Madison,  
Wis. 7 pp.
12. RAMALHO, R. S., et al. 1971. A superintendencia do  
Desenvolvimento de Amazonia, sobre estudos bási-  
cos de engenharia florestal, na Amazonia. Univer-  
sidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

13. RECORD, S. J. and HESS, R. W. 1949. *Timbers of the New World*, New Haven, Yale University press. 640 pp.
14. SCHEFFER, T. C. and DUNCAN, C. G. 1947. *The Decay Resistance of Certain Central American and Ecuadorian Woods*. Tropical Woods No. 92, 24 pp.
15. VAN DER SLOOTEN, H. J. y M. GONZALEZ. 1970. *Madera Latinoamericanas V. Carapa sp., Virola koschnyi, Terminalia lucida y Brosimum costaricanum*. Turrialba 20(4):503-510.
16. WANGAARD, F. B. and F. MUSCHLER. 1962. *Properties and uses of tropical woods, III. Tropical woods No. 98*.
17. WOOD TECHNOLOGY LABORATORY. 1970. *Report on a wood testing program carried out for UNDP project 182 "Survey and development of selected forest areas"*. Costa Rica, 133 pp. (mimeografiado).
18. \_\_\_\_\_ . 1970. *Report on wood testing program carried out for UNDP/SF project 234 "Inventory and Forest demonstrations, Panamá"*. Partes I. II y III. 624 pp. (mimeografiado).

APENDICE 1.

PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

Tabla 1. Propiedades Físicas

|  | Contenido de humedad verde (%) | DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> ) |                                     | PESO ESPECIFICO               |                 | CONTRACCIONES |                |          | RAZON DE CONTRACCIONES   |
|--|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------|---------------|----------------|----------|--------------------------|
|  |                                | Peso y volumen verdes          | Peso seco al horno<br>Volumen verde | Peso y Volumen secos al horno | Volumétrica (%) | Radial (%)    | Tangencial (%) | RAD/TANG |                          |
|  |                                |                                |                                     |                               |                 |               |                |          | De verde a seco al horno |
| <i>Carapa</i> sp.<br>Bateo<br>Panamá (18)                              | 63                             | 0,90                           | 0,56                                | 0,65                          | 14,6            | 5,7           | 9,2            | 1/1,6    |                          |
| <i>Carapa guianensis</i><br>Carapa<br>Guyana Venezolana (16)           | 62                             | —                              | 0,53                                | 0,60                          | 12,1            | 4,9           | 8,2            | 1/1,7    |                          |
| <i>Carapa surinamensis</i><br>Andiroba<br>Surinam (16)                 | 72                             | —                              | 0,56                                | 0,61                          | 10,4            | 3,1           | 7,6            | 1/2,5    |                          |
| <i>Cedrela angustifolia</i><br>Cedro Branco<br>Brasil (16)             | 84                             | —                              | 0,38                                | 0,41                          | 8,9             | 3,9           | 5,9            | 1/1,4    |                          |
| <i>Cedrela oaxacensis</i><br>Cedro colorado<br>Panamá (18)             | 74                             | 0,62                           | 0,36                                | 0,39                          | 8,3             | 3,3           | 5,3            | 1/1,6    |                          |
| <i>Swietenia macrophylla</i><br>Caoba, Mahogany<br>América Central (5) | 58                             | —                              | 0,45                                | 0,50                          | 7,7             | 3,5           | 4,8            | 1/1,4    |                          |
| <i>Swietenia macrophylla</i><br>Mogno<br>Brasil (5)                    | 57                             | —                              | 0,45                                | 0,49                          | 7,8             | 3,0           | 4,1            | 1/1,4    |                          |

Tabla 2. Propiedades Mecánicas

| NOMBRE CIENTIFICO<br>Lugar de<br>Procedencia<br><br>(Referencia)       | PESO ESPECIFICO<br>Volumen verde<br>Peso seco al<br>horno | FLEXION ESTATICA                                  |  |  |  |  | DUREZA         |             |
|--|---|---|--|--|--|--|----------------|-------------|
|  |   | Esfuerzo al<br>Límite prop.<br>Kg/cm <sup>2</sup> | Módulo de<br>Ruptura<br>Kg/cm <sup>2</sup> | Módulo de<br>Elasticidad<br>Kg/cm <sup>2</sup> x1000 | Trabajo al<br>Límite prop.<br>m-kg/dm <sup>3</sup> | Trabajo a la<br>carga máxima<br>m-kg/dm <sup>3</sup> | Extremos<br>kg | Lados<br>kg |
| <i>Carapa</i> Sp.<br>Bateo<br>Panamá (18)                              | 0,56  | 670   | 1,132                                      | 177  | 1,42   | 11,9   | 648            | 476         |
| <i>C. guianensis</i><br>Andiroba<br>Brasil (16)                        | 0,56  | 680   | 1,101                                      | 130  | 2,00   | 9,4  | 759            | 554         |
| <i>C. surinamensis</i><br>Andiroba<br>Surinam (16)                     | 0,53  | 763   | 1,089                                      | 151  | 2,03   | 10,3   | 604            | 473         |
| <i>Cedrela angustifolia</i><br>Cedro Branco<br>Brasil (16)             | 0,38  | 495   | 796  | 100  | 1,46   | 8,80   | 359            | 259         |
| <i>C. oaxacensis</i><br>Cedro colorado<br>Panamá (16)                  | 0,36  | 320   | 580  | 87   | 0,67   | 3,5  | 379            | 183         |
| <i>C. odorata</i><br>Cedro Real<br>Nicaragua (16)                      | 0,34  | 418   | 563  | 71   | —  | 3,9  | 263            | 227         |
| <i>Swietenia macrophylla</i><br>Caoba, Mahogany<br>América Central (5) | 0,45  | 549   | 829  | 108  | 1,58   | 5,72   | 482            | 364         |
| <i>S. macrophylla</i><br>Mogno<br>Brasil (5)                           | 0,45  | 589   | 817  | 100  | 1,95   | 5,49   | 436            | 441         |

## APENDICE 2.

### MERCADEO

La demanda de las meliáceas en el mercado mundial continúa siendo muy alto. La importación de trozas de caoba por parte de los Estados Unidos promedia alrededor de 75,500 metros cúbicos por año, cantidad que se ha mantenido bastante constante en los últimos decenios.

Durante el período de 1949 a 1958 se exportaron a los Estados Unidos un total de 752,000 metros cúbicos, correspondiendo a México un 34%, a Belice un 26%

y a Nicaragua 10%, aproximadamente del total de las exportaciones (4).

De acuerdo con datos compilados por el U. S. Department of Commerce, Bureau of the Census, los Estados Unidos importaron de 1959 a 1968, un total de 371,000 metros cúbicos de caoba en trozas.

En la siguiente Tabla y en la Gráfica adjunta puede observarse la tendencia del mercado actual para las especies de la América Tropical destacando las dos especies que se importan en mayores cantidades a los Estados Unidos, caoba y cativo (*Prioria copaifera*).

Exportaciones de trozas a los Estados Unidos en Millones de pies tablares, 1960-68

| Año  | México, América Central y Suramérica | Caoba | Cativo |
|------|--------------------------------------|-------|--------|
| Año  | Total de especies                    |       |        |
| 1960 | 25,3                                 | 25,2  | —      |
| 1961 | 20,3                                 | 15,5  | —      |
| 1962 | 30,7                                 | 16,6  | —      |
| 1963 | 23,8                                 | 13,7  | 4,5    |
| 1964 | 21,2                                 | 16,1  | 10,0   |
| 1965 | 21,5                                 | 12,8  | 11,4   |
| 1966 | 25,0                                 | 16,1  | 14,7   |
| 1967 | 21,3                                 | 10,5  | 9,7    |
| 1968 | 29,9                                 | 8,5   | 10,2   |

(Datos tomados de Ref. (4))

Los siguientes datos se presentan con el propósito de dar una idea relativa de estas tres especies en los mercados mundiales.

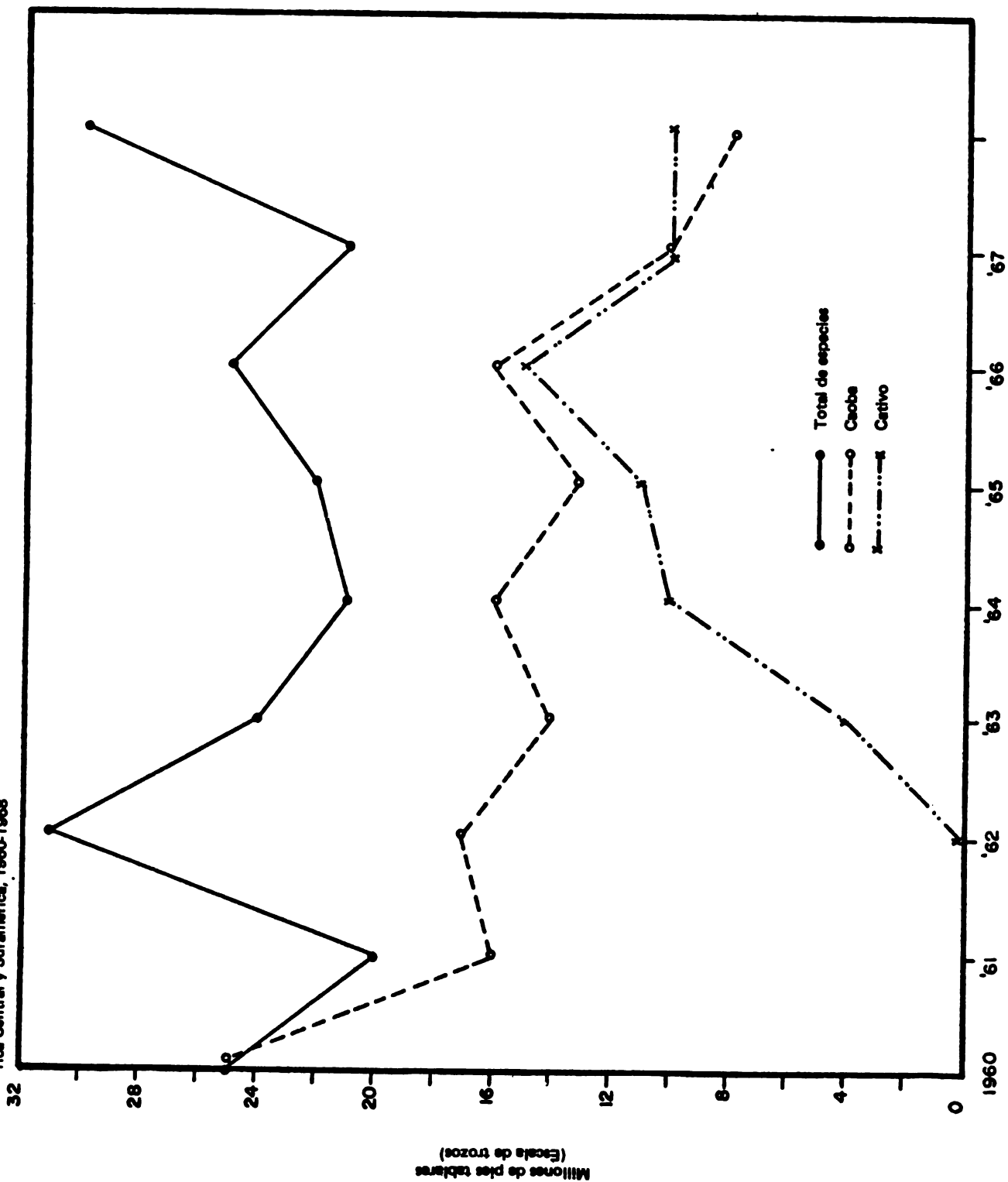
Precios de estas maderas, en la Amazonia (Cacex-1969)\*

| Especie        | Madera en tuca redonda<br>U.S. \$/M <sup>3</sup> | Madera Aserrada                    |                                    |
|----------------|--|------------------------------------|------------------------------------|
|                |  | Superior<br>U.S. \$/M <sup>3</sup> | Inferior<br>U.S. \$/M <sup>3</sup> |
| Aguano o Mogno | 80   | 125                                | 95                                 |
| Andiroba       | 25   | 50                                 | 25                                 |
| Cedro          | 60   | 120                                | 60                                 |

\*Datos tomados de referencia (12)

Nota: Los mercados externos principales de estas maderas de la Amazonia son: Estados Unidos, Portugal, Alemania.

Exportación de trozas a los Estados Unidos desde México, América Central y Suramérica, 1960-1968



# SILVICULTURAL EXPERIENCES WITH SELECTED VALUABLE TREE SPECIES IN HAITI \*

*Ronald Smith, Lucien Brisson*

Hopital Le Bon Samaritain  
Limbé, Haiti

Sección Forestal  
Departamento de Agricultura  
Port-au-Prince, Haiti

## COMPENDIO

Si bien es cierto que Haití ha luchado por lograr una distribución equiparable de su tierra, ahora se enfrenta a la necesidad de encontrar caminos adecuados, que permitan en un futuro próximo, explotar sus recursos forestales. Del millón de hectáreas que aún están sin uso, el 55% puede considerarse inútil debido al abandono y a la erosión, el restante puede perderse si no se toman medidas adecuadas.

Para minimizar el problema, existe un gran potencial para reforestación, representado por el Servicio Nacional de Reforestación Haitiano y otras instituciones que en trabajos conjuntos, tratan de establecer semilleros y parcelas experimentales de especies maderables valiosas, muchas de las cuales, fueron explotadas en la época de la colonización francesa. Ahora se conoce que *Swietenia macrophylla*, una especie introducida, puede adaptarse al clima del país y que ofrece mejores perspectivas que la especie nativa *S. mahagoni*. También se está experimentando con la adaptabilidad de otras especies.

En los últimos cuatro años *S. macrophylla* no ha sido atacada por *H. grandella* lo que supone, que una reforestación con Meliáceas en Haití tiene mucho futuro.

The history of land use in Haiti, and its implications for reforestation is quite distinct from the rest of Latin America. Haiti has enjoyed for the last one-hundred and sixty-five years, land reforms that other Latin American countries are now striving to achieve. While the rest of Latin America is putting energy into the task of a fairer and more equitable distribution of land, Haiti is struggling to make feasible economic units out of small pieces of land that have been divided and sub-divided until they are next to impossible to work with. The average peasant may own as much as two to three hectares of land consisting of three to five small garden plots spaced out over an area of one to three miles. The problems of agriculture in general, and of reforestation in particular in such a context become very complex.

But even with this complexity, some provision must be made to fulfill the lumber and fuel needs of an ever-expanding population of nearly six million people all contained within an area of 27,750 km<sup>2</sup>. A close look at the existing resources will show that a well planned program of land management could go a long way towards alleviating the wood shortage which is already being felt and which, if provisions are not made to change the present direction, will reach crisis proportions in the near future.

Of the total land surface of Haiti, about 2,515 square miles are now covered by forests. The composition of these forests consists roughly of 750 km<sup>2</sup> in Pine, 165 km<sup>2</sup> in Mangrove, 1,600 km<sup>2</sup> in trees of secondary importance used for fuel and local construction.

The hardwoods, such as *Swietenia mahagoni* Jacq., *Guaiaecum officinale* L., *Cedrela odorata* L., and *Hysiloma latusiligina* (L.) Bert were one of the main

\* Proceedings First Symposium on Integrated Control of *Hypsiptyle*, IICA-CTEI (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 1973



exports during the french colonial period. At present they are scarce.

There is a potential for reforestation in Haiti that could serve the dual purpose of reclaiming worn and badly eroded lands while at the same time making a long-range increase in the gross national product and alleviating the already present and increasing fuel shortage. There are more than one million hectares of land without use. Of this one million hectares, about 55% can be considered useless for reforestation, most of it being in an arid climate. The rest are lands where advanced erosion has made them irreclaimable. However, this still leaves 450,000 hectares of land which is largely leached and denuded, but is potential forest land where a large reforestation effort could be initiated in the near future. Time is a critical factor. Procrastination will lead to more leaching and erosion, and more land area that cannot be reclaimed.

Over the past fifty years several government reforestation projects have been initiated, but because of political instability, lack of funds, and other administrative problems there has not been adequate continuity to bring about any meaningful progress. The last effort in this direction was a joint project between the Haitien National Forest Service and the United States A.I.D. entitled *Watershed Management Program*. A great amount of emphasis was placed on reforestation and an attempt was made to stimulate this process by the introduction of exotic species as well as the planting of already successful indigenous varieties. The exotic species included *Tectona grandis* L., *Khaya ivorensis* Chev., *Pinus canariensis*, C.Sm., several varieties of *Eucalyptus*, and many others. This project was terminated in 1961 and today, of the varieties introduced there are about ten hectares of Haitien Oak (*Macrocatalpa longissima* Britton), ten hectares of *Swietenia mahagoni*, and fifty hectares of *Tectona grandis*. These trees could represent the beginning of a seed orchard for further planting in Haiti.

While the work of the Haitien National Forest Service has been hampered by lack of funds, personnel and equipment, it is at present carrying out a limited program which includes the planting and distribution of several exotics including *Tectona grandis*, *Gmelina arborea* Roxb., *Swietenia macrophylla* King, *Acrocarpus fraxinifolius* Wight, *Cordia alliodora* (Ruiz. and Pav.) Oken., *Guaiacum officinale* and *Azadirachta indica* A. Juss. These plants are usually distributed to interested persons within the Port-au-Prince area, or planted in experimental plots.

Besides the national effort there are also a number of interesting and often innovative efforts being carried out by various religious and philanthropic organizations which, during the last ten years, have become quite active in many sectors of agricultural development.

Church World Service has been working with trees in and around the Port-au-Prince area for several years. Working with existing resources, they have collected seed from the native *Pinus occidentalis* Swartz, which has been grown in local nurseries both for general distribution, and for planting in experimental plots. Near the old French Fort Jaque, overlooking Port-au-Prince, there is a small, but very healthy two-year-old stand of these pine trees which can be attributed to the efforts of this organization.

During the last year the Church World Service nursery was moved up into the mountains near Giffon (altitude 3500 ft.) and at present the majority of their efforts are going into producing small coffee plants which are very much in demand in that area. But, they have taken note of the fact that *Eucalyptus globulus* Labill and *Swietenia macrophylla* seem to grow quite well in this area, and all indications are that the tree project will be revived and expanded in the near future.

At Les Cayes, in the South of Haiti, there is a United Nations Development Project in soil conservation and reforestation which has been operating since 1968. At present about eighty hectares of land have been planted to fruit and forest trees, and several experiments are being initiated with tree species that may have the potential of yielding both wood and edible fruits.

In the North of Haiti, reforestation efforts are centered around two Protestant Missions, both showing promise of making a real contribution to the existing national efforts. The first project was begun in Limbe, Haiti, under the direction of Dr. William Hodges, a medical doctor working for the American Baptist Foreign Mission Society. The impetus of the project was a gift of a small quantity of *Swietenia macrophylla* and *Swietenia mahagoni* seed donated by a local agronomist. From the beginning it was clear to see that seedlings of *Swietenia mahagoni*, indigenous to the area and already well known, were highly prized by the peasants, and the demand for them far exceeded their availability. The *S. macrophylla* seedlings, on the other hand, were not in demand and it was necessary to plant them on hospital lands the first few years. The comparative growth rates were closely watched by the community, and after a few years the faster growing *S. macrophylla* seedlings became a highly marketable item, while the *S. mahagoni* seedlings are now hardly acceptable. At present the hospital nursery is producing about 15,000 seedlings of *S. macrophylla* and *S. mahagoni* per year and has plans for expansion of the program in the immediate future.

Another very interesting endeavor is being undertaken by Rev. Hudson Hess of The Oriental Missionary Society which operates a radio mission in Voudreuil, located about five miles from the city of Cape Haitien.

What was begun in 1968 as a community effort to plant 5,000 seedlings of *S. macrophylla*, has now become the Republic's center of reforestation. The interest generated by the project was so great that it has evolved into a mahogany tree cooperative with a membership of close to fifty people. A record is kept of the number of hours each member works in the nursery. At the end of the season each member is allotted a number of seedlings depending on the degree of his effort, while non-members must pay five U.S. cents for each seedling. The proceeds go back into the cost of the project. In 1968, 3,000 seedlings were distributed, and in 1969 more than 40,000. At present, the project is attracting wide interest with plants being sent all over Haiti. The Cooperative has set as its goal the production of 100,000 seedlings annually. Projecting into the future, Rev. Hess feels that the cooperative may even develop the capacity for as many as 500,000 trees per year, which could be produced at the present selling price. Although cooperatives in rural Haiti are faced with many of the usual development problems such as lack of organization and poor cooperation, the presence of strong leadership can make them not only possible, but quite desirable. This project will be one to watch in coming years as a possible model for community level forestry efforts in Haiti.

One interesting side effect of the mission efforts is that they have produced a great amount of interest among the more progressive local merchants who have become eager to purchase and plant all the seedlings they can obtain. In many cases they have bought plots of land especially for this purpose, and purchased plants in quantities of thousands from the mission nurseries. In one notable case a local Limbe merchant, finding the mission nursery supply too limited, has even established his own nursery in which, during the past two years, he has produced over 10,000 trees which were planted on his own properties. All of the plantations are intensely pruned which facilitates the development of beautifully straight trees. The ingrained

self-sufficiency of Haitian agriculture, has led farmers for centuries to plant a diversity of crops on small units of land. It is quite common to see yuca, beans, yams, corn, and occasionally rice growing next to each other, obtaining optimum usage of the soil. Now trees are being included as a cash crop for the future.

The draw-back to such efforts is that prime agricultural land is planted with trees which, if carried out on an extensive scale could lead to a marked decrease in food-producing areas, badly needed for an already overcrowded and ever expanding population. At present the scale of planting, however, is small.

Although fairly large stands of pure *S. mahagoni* and *S. macrophylla* have been planted, to date there has been no known attack of *Hypsipyla grandella* (Zeller). The largest plantation contains 30,000 trees planted over a period of four years. There is a small shootborer, as yet unidentified, which sporadically attacks the *S. mahagoni*, but it does not seem to attack the *S. macrophylla*. This insect, to date, has not appreciably retarded the growth of the infested trees. The reason for the absence of *H. grandella* attack has not been determined, but if the same trend continues, it is worth studying.

## CONCLUSIONS

1. The Haitian population of farmers are receptive to reforestation with valuable proven species such as the Meliaceae.
2. All seeds for reforestation efforts are in short supply.
3. The introduced *S. macrophylla* is preferred over the native *S. mahagoni*.
4. There have been no attacks of *Hypsipyla grandella* during the last four years of reforestation efforts with species of meliaceae.

# ZONIFICACION Y SILVICULTURA DE MELIACEAS \*

Pablo Rosero

Departamento de Ciencias Forestales  
CATIE

## ABSTRACT

Described in this review article are various silvicultural aspects of *Cedrela odorata* and *Swietenia macrophylla*. Categories included are climatic conditions, life cycle, growth, artificial regeneration, nursery stage, diseases, and insect attack. A list of experimental Meliaceae plantations in Turrialba is included.

Concreto mi exposición solamente a Cedro y Caoba, considerando básicamente a *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla*.

### A. El Género *Cedrela*

Este género fue establecido por Browne en 1756 para el árbol *Cedrela odorata* encontrado en Jamaica, posteriormente fue publicado por Linnaeus en 1759. Así se han incluido 69 especies en este género y se sitúan en las Américas, India, Asia y Australia en el género *Toona*, reduciéndose a nueve las especies americanas. Se considera así que la clasificación botánica del género no ayuda a clasificar las procedencias de América Central y del Sur, México y las Antillas.

#### I. Condiciones climáticas.

En Trinidad la precipitación varía de 1250 a 2500 mm pero con una estación seca de enero a febrero, hasta mayo, además con un pequeño período seco en setiembre. Su clima es uniforme y los promedios de mínimas y máximas son de 20 y 32°C, con una humedad mínima relativa algo elevada sobre 58 por ciento, especialmente entre marzo y abril.

Para América Central la precipitación es similar a Trinidad, variando la gama de temperaturas bajo condiciones más continentales: 11 a 38°C, además la humedad disminuye considerablemente al final de la estación seca.

En América del Sur, el clima cerca del nivel del mar en la cuenca inferior del Amazonas, también es algo similar al de Trinidad, con temperatura media de 23 a 32°C y humedad relativa mínima elevada, sobre el 59 por ciento. Es interesante anotar que *Cedrela fissilis* crece tanto en el Amazonas como a 3000 m de altitud en Sucre, Bolivia, en donde los promedios de temperaturas máximas y mínimas son de 18 a 7°C, la humedad relativa mínima baja hasta 32.5 por ciento en 4 meses al año, de mayo a agosto; se anota solo 690 mm de precipitación en alrededor de 100 días al año. Al sur de esta zona, en Argentina, Misiones, los promedios de temperaturas máximas y mínimas son de 30°C y 17.5°C y existen heladas; la humedad relativa mínima es elevada, siendo más baja de agosto a octubre, esto es cuando maduran los frutos.

Mediante la distribución anterior se puede explicar la distribución de *Cedrela*, adaptada a una gran variación de climas; bajo una amplia gama de condiciones, pero que posteriormente se fusionaron en áreas mayores, por ejemplo la cuenca del Amazonas y del Orinoco.

#### II. Desarrollo y ciclo de vida.

El Cedro es un árbol Heliófito, relativamente de rápido crecimiento y se le observa ocupando sitios abiertos del bosque natural, como terrenos abandonados de cultivos, por ejemplo de banano en áreas tropicales de bajura.

En Honduras Británica se reporta una altura de 4 m de DAP y 110 anillos; debido a que es propio de característica decidua, se puede observar su edad, me-

\* Proceedings First Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*, IICA-CTEI (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 1973

dian­te sus anillos. En América Central y Trinidad se reportan árboles de 2 a 3 veces la edad del anterior; así, el Cedro es de vida bastante larga.

En general, el Cedro crece bien hasta los 2 ó 3 m de altura, depende de la ausencia de ataque de insectos o condiciones desfavorables, ya que se reporta en Nigeria rodales con tallos de 10 m y bien formados, pero en climas secos presenta tendencia a ramificar.

El incremento anual en circunferencia, en Sapoba, obtuvo 5.46 cm hasta los 32 años; bajo 1219 mm en Olokemèji (Nigeria), obtuvo 4.3 cm como incremento medio anual en un rodal de 42 años con un área basal de 29 m por hectárea.

En relación a su crecimiento en Sapoba, también se reporta 38.7 m a los 42 años de edad, ésto es un incremento anual de 1.22 m, coincidiendo con datos en Ghana. Para Argentina en Misiones, se observaron árboles en bosque natural de 23 a 25 m a los 106 años.

En las mismas condiciones de Sapoba se reporta un rendimiento de 455 m<sup>3</sup> por hectárea a los 40 años y un CAP de 2.13 m con corteza, llegando a reportar una producción de 680 m<sup>3</sup>, A.B de 65 m<sup>2</sup> por hectárea con 167 árboles por acre a los 32 años de edad.

Se reporta para Cuba que su crecimiento se observa más bien aislado y bajo una gran gama de suelos y sitios, pero generalmente bien drenados y fértiles.

Bajo condiciones de Ecuador, a 25 m sobre el nivel del mar y con 1200 mm de precipitación anual, con capa freática entre 5 y 6 metros de profundidad, alcanzaron una altura de 35 m con DAP con corteza de 112 cm a los 26 años, observándose una abundante regeneración natural.

En México se observa gran dificultad de enriquecimiento en base a Meliáceas; en trabajos de Yucatán, las plantas no soportaron la competencia del bosque secundario, se exceptúan las plantaciones que ocuparon suelos fértiles.

Bajo condiciones del Africa, las Meliáceas especialmente *Cedrela* puede ser plantada en plantaciones puras, porque *Hypsipyla robusta* rara vez tiene éxito con las Meliáceas tropicales latinoamericanas y tampoco limita el crecimiento en la etapa de brinzales; habiéndose desarrollado en Ghana desde 1898, pero en forma más ordenada desde 1922 con semillas de origen del Caribe. Existe la disponibilidad de suelos fértiles, profundos y bien drenados, con una estación seca bien definida, demostrando excelente regeneración.

En Sierra Leona se define como óptimo un clima monzónico con estación larga de sequía, bajo suelos bien drenados; aquí se ha utilizado bajo el sistema Taungya,

tanto el Cedro como la *Toona*, obteniendo mejor forma la primera, considerándose adecuadas las condiciones del Africa Occidental para desarrollar extensivamente.

En Tanzania se anota la introducción en 1914, en las montañas de Usambra, para Fiji se precisa la ausencia de *Hypsipyla* y el desarrollo del Cedro en suelos volcánicos es excelente, pero no se plantó extensivamente y fracasó en la zona húmeda; cosa igual en Malaya.

### III. Silvicultura.

Se anota que la regeneración natural de Trinidad fracasa ampliamente bajo condiciones de bosque hidrofítico, aunque se observa abundante regeneración pero se señala también que después de un incendio forestal de 1912 y de una gran destrucción por acción de un huracán en 1933, se observó abundante regeneración en bosques con precipitaciones menores a 2000 mm anuales. Una reacción similar ocurrió en Honduras Británica, cuando en 1947 se incendiaron 450 millas cuadradas de latifoliadas sobre piedra caliza; en suelos arcillosos calcáreos al haber efectuado una corta de liberación, se obtuvo una densidad de 70 árboles de Cedro y Caoba por acre, determinándose que en 1000 acres inventariadas, los bosques más áridos presentaron mayor cantidad de regeneración natural y mayor tamaño de árboles se halló en el bosque hidrofítico; tanto en Ghana como en Sierra Leona se observó abundante regeneración natural.

### IV. Regeneración artificial.

Mediante árboles exóticos cultivados en Africa Occidental y en Tanzania, se indica la existencia de 45 a 50.000 semillas por libra; en Puerto Rico se anota 18.500 y varios autores señalan solamente de 14 a 15.000 semillas por libra.

En relación a su almacenamiento es necesario anotar que pierden rápidamente su viabilidad si no están bien secas.

Una atmósfera seca y temperatura de 3°C hasta 5°C aseguran mayor germinación; en Puerto Rico se demostró que al ser guardada entre 2 y 4°C en bolsas abiertas y en envases sellados, alcanzaron de 31 a 34 por ciento después de 4 meses de almacenamiento y en cambio a 25°C bajaron a 0 ó 2 por ciento de germinación.

La germinación generalmente requiere de 2 a 4 semanas; normalmente a los 3 meses empieza un crecimiento rápido y en 1 año puede alcanzar de 90 a 120 cm de altura.

También se ha utilizado la siembra directa de *Cedrela*, por ejemplo en Trinidad, ocupando de 20 a 30 semillas por sitio en terrenos rozados y quemados, utilizando el sistema Taungya en una ladera del 10 al 20 por

ciento de pendiente, sobre suelo arcilloso calcáreo y con 1200 a 1600 mm de precipitación, se ha reportado, mediante este sistema, hasta 9 m en 2 años, opinándose que se pierde mucho vigor de las plantas en el paso del vivero al campo de plantación. Se requiere básicamente siembra en suelo completamente rozado, sin competencia y buena preparación del suelo para dar aereación adecuada; además suelo profundo y fértil. Se creó que bajo las condiciones imperantes en Latinoamérica, la siembra directa y la regeneración natural puedan ser los sistemas adecuados para establecer *Cedrela*; en experiencias de México, se observó que brinzales de siembra directa eran menos sensibles al ataque de *Hypsipyla grandella*.

## V. Vivero.

Las técnicas normales de buen suelo permeables y básicamente un material como arena, aserrín o carbón vegetal sobre la semilla, se utilizan para que permanezca en el lugar, sembrado al voleo o en hileras, impide que se mueva o vuele la semilla.

### B. *Swietenia macrophylla*.

Se han clasificado tres especies del género *Swietenia* para América Tropical, la Caoba, más ampliamente conocida es la Caoba de Honduras o Caoba venezolana; vegeta naturalmente en los bosques tropófilos y en pequeñas manchas hasta los 1000 m de altitud.

Se presenta en el bosque natural como un árbol bien desarrollado, hasta 50 m de altura, fuste recto, columnar, limpio de ramas hasta las dos terceras partes de su altura y con diámetro a veces superior a 1 metro. En su base desarrolla estribos o aletas, posee raíces profundas, corteza rojiza agrietada y pierde las hojas temporalmente durante la época de sequía.

### I. Características silvícolas.

Es una especie de luz, aunque en los primeros años requiere sombra ligera. Para su normal desarrollo, la sombra debe suprimirse pasado 1 a 2 años y la espesura aclarada de tal manera que se deje a los árboles en completa exposición al sol.

Prospera en gran variedad de suelos, prefiriendo los de buen drenaje. Como especie de bosque tropófilo es resistente a la sequía, respondiendo mejor en regiones con precipitación anual superior a 1500 mm.

La Caoba se ha establecido por plantación artificial en muchos países tropicales, pero quizá en mayor éxito en Trinidad, Puerto Rico y Surinam. El crecimiento es relativamente lento en los primeros años y se aconseja una distancia de 3x3 m.

Esta especie en cultivo no ofrece dificultades, es fácilmente aprovechable el material de vivero en estacas

y en su primer desarrollo no sufre tanto el ataque de *Hypsipyla* como el Cedro, pero su crecimiento es más lento. Se ha probado también propagación por siembra directa, resultando menos eficiente en supervivencia que con material de vivero.

Se ha descrito la Caoba como especie utilizable bajo el sistema Taungya en muchos países tropicales, datos obtenidos en Turrialba, utilizando *Swietenia humilis*, de semilla obtenida en Nicaragua y plantada en vivero en julio de 1961, demuestran lo siguiente: a los 11 meses de transplantó a raíz desnuda de 15.6 cm de altura, se preparó el suelo bajo las condiciones más semejantes a la formación de "milpas", es decir corte del bosque natural, quema y siembra de maíz, antes de la plantación: a los 14 días aparecieron los primeros brotes, aunque al mismo tiempo se observó ataque de hormigas, *Atta* sp., dejando sin hojas a algunas plantas, el daño fue controlado con clordano, alrededor de las plantas atacadas. A los 85 días se comparó el porcentaje de sobrevivientes, demostrando mayor resistencia el brinzal plantado bajo el sistema Taungya en comparación al plantado en terreno sin uso en agricultura, demostrándose así que la Caoba necesita un poco de sombra en sus primeros meses de plantada; igual relación se obtuvo en su crecimiento promedio de altura y diámetro. Los resultados aquí obtenidos son semejantes con los reportados de Honduras Británica. Se aprecia también que bajo este sistema, la producción agrícola cubre con creces el valor de la plantación de Caoba. Indudablemente, se aconseja no utilizar la especie en gran escala por el ataque de *Hypsipyla grandella*.

Silvícolamente, el ambiente para Caoba, aprovecha los claros dejados por explotaciones o caída natural; se observa que en manchas con nueva siembra, aunque hayan suficientes árboles semilleros, la regeneración es ausente, si no hay luz en el suelo.

La experiencia de la región tropical en almácigos, acostumbra transplante del brinzal con 1 1/2 y 2 cm en el cuello de la planta, esto es con planta de alrededor de un año de edad. Se utiliza tanto la siembra en hilera a cortas distancias de 10 cm entre semilla germinada y 15 cm entre hilera, como también es utilizada la siembra directa en eras preparadas con 2 cm entre semillas, esta densidad se utiliza cuando el poder germinativo es bajo, en este caso se transplantan sólo a 2 cm de altura la plantita y a 30x30 cm; estas prácticas son variables en los diversos países.

### II. Condiciones ecológicas.

Por el estudio de datos de crecimiento en Centroamérica y el Caribe se observa en general las siguientes condiciones: altitud de 300 a 900 m, temperatura media 26°C - 28°C, precipitación anual 1800 - 2000 mm, suelos franco arcilloso, pH de 6.4 a 7.5, topografía más o menos plana y drenaje intenso bueno o muy bueno aun-

que se adapta a una amplia gama de suelos. Se reporta también para el Oeste del Brasil, Caoba en su óptimo desarrollo en montañas bien drenadas con elevaciones de 200 a 400 m de altitud, soportando condiciones de sequía entre junio y setiembre. Para Bolivia se reporta su desarrollo hasta 1500 m de altitud, ocurriendo en topografía plana o baja con suelos aluviales, suelos inundables periódicamente de noviembre a abril.

La zona de Caoba para Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela corresponde al bosque deciduo o semideciduo, se reporta para Venezuela áreas con 1196 mm en 7 meses de lluvias pudiendo soportar una sequía prolongada.

En Centro América y México, Caoba crece en las montañas bajas del Atlántico en bosques tropicales heterogéneos, tierras bajas húmedas, a veces en pantanos, como es observable en Yucatán y el norte de la costa Atlántica de Honduras Británica. Se denomina la "asociación caobal" debido a su composición con abundante Caoba, asociación que se extiende en la zona norte del Petén; ocupando suelos profundos bien drenados, con una abundancia alta de palmas; en México la presencia de la palma "escoba", *Crypsopyla argentea* es un indicador de sitios adecuados para Caoba.

Haciendo referencia al bosque natural de El Petén, las investigaciones llevadas por el Centro Técnico Forestal (CETEFOR) en colaboración con la FAO en los últimos 5 años, refieren las plantaciones siguientes: Asociación de *Cedrela odorata*, *Cydistax donnell-smithii* y *Tabebuia pentaphylla*, distanciadas 3x4 m; se observa serio ataque del barrenador.

Parcela de *Swietenia macrophylla*, *Tabebuia pentaphylla*, *Cydistax donnell-smithii* y *Terminalia amazonia* a distancia de 3x4 m; se observa una mayor sobrevivencia que llega al 90 por ciento, aunque con bajo crecimiento.

Un lote de *Swietenia macrophylla*, *Cydistax donnell-smithii*, *Tabebuia pentaphylla* a distancia de 2.5x2.5 y 3x3 m en bloques. El suelo ocupado es de mal drenaje; no se observa ataque de *Hypsipyla*.

En una experiencia de distanciamiento con *Swietenia macrophylla* de 2x2, 3x3, 2x3 y 3x4 m; se utilizó material de vivero de 40 cm, tanto a raíz desnuda como en bolsa de polietileno. Se puede apreciar crecimientos que varían de 4 a 6 m de altura en 3 años de edad, pero es claro el ataque de *Hypsipyla*.

Las parcelas experimentales de *Cedrela odorata* a una distancia de 3 m entre plantas y 8 m entre hileras, presenta un ataque intensivo de *Hypsipyla grandella*.

Bajo estas condiciones de bosque húmedo tropical, se probó también el sistema de siembra directa de *Swietenia macrophylla* bajo el sistema Taungya, a 4x5 m, ocupando 5 semillas por golpe; el sistema presentó un excelente crecimiento inicial pero al término del primer año se observó ataque de *Hypsipyla*.

Al mismo tiempo se hicieron líneas de enriquecimiento por plantación y siembra en bosques de segundo crecimiento y baja calidad, se utilizó *Swietenia macrophylla* y *Cedrela odorata*, comparativamente entre plantación a raíz desnuda y siembra directa. Se distanció 5x10 m, así como en líneas a 20 m de distancia. Aunque se puede observar crecimientos satisfactorios existe un clarísimo ataque de *Hypsipyla*.

La existencia de Cedro y Caoba en el bosque de El Petén permiten explotar solamente con estas dos especies, 50.000 pies tablares por mes, básicamente para madera aserrada de explotación. La existencia de rodales altamente económicos dan como resultado la falta total de preocupación por su silvicultura y manejo, aunque existe abundante regeneración natural, especialmente en condiciones de apertura del dosel.

Aspecto similar se presenta en cuanto a aparente alta densidad de Cedro y Caoba en la región de Chetumal, México, una sola fábrica mantiene en concesión 460.000 ha, dando una utilización de 20.000 m<sup>3</sup> al año y se observa un corte mínimo de 90 cm diamétricos, se consume 85 por ciento de Caoba y el 10 por ciento de Cedro, porcentajes que indican la alta incidencia de las 2 especies en la región.

#### Consideraciones sobre plantaciones de Meliáceas en Turrilba.

Dadas las difíciles condiciones naturales de meliáceas valiosas en los trópicos, se está buscando a la vez la posibilidad de obtener las especies que no pueden ser atacadas por el barrenador.

A partir de 1952 se han llevado lotes experimentales con un considerable número de especies y condiciones siguientes:

| Sitio de Plantación    | Año  | Especie                  | Distancia |
|------------------------|------|--------------------------|-----------|
| Bajo del Chino         | 1952 | <i>Cedrela mexicana</i>  | —         |
| Florencia Norte        | 1961 | <i>Cedrela mexicana</i>  | 2x2 m     |
| Bajo del Chino         | 1962 | <i>Swietenia humilis</i> | 2x2 m     |
| Puente Cajón           | 1967 | <i>Swietenia humilis</i> | 2x2 m     |
| Arboretum Puente Cajón | 1967 | <i>Guarea guara</i>      | 2.9x2.9 m |
| Arboretum Puente Cajón | 1968 | <i>Cedrela mexicana</i>  | 2x2 m     |

|                        |      |                         |           |
|------------------------|------|-------------------------|-----------|
| Arboretum Puente Cajón | 1968 | <i>Toona ciliata</i>    | 2x2 m     |
|                        |      | <i>Cedrela odorata</i>  |           |
|                        |      | <i>Cedrela mexicana</i> | 2x2 m     |
| Arboretum Puente Cajón | 1967 | <i>Swietenia</i> sp.    | 2x2 m     |
|                        |      | <i>Gmelina arborea</i>  |           |
| Arboretum Puente Cajón | 1967 | <i>Toona ciliata</i>    | 2x2 m     |
|                        |      | <i>Cedrela odorata</i>  |           |
|                        |      | <i>Cedrela mexicana</i> | 2x2 m     |
| Arboretum Puente Cajón | 1967 | <i>Swietenia</i> sp.    |           |
|                        |      | <i>Cassia siamea</i>    | 5x5 m     |
| Arboretum Puente Cajón |      | <i>Cedrela odorata</i>  |           |
|                        |      | <i>Cedrela mexicana</i> | 2x2 m     |
| Arboretum Puente Cajón | 1967 | <i>Melia azedarach</i>  | 2x2 m     |
| Arboretum Puente Cajón | 1965 | <i>Swietenia</i> sp.    | 2.9x2.9 m |
| Arboretum Puente Cajón | 1968 | <i>Toona ciliata</i>    | 2x2 m     |
| Florencia Sur          | 1971 | <i>Toona ciliata</i>    | 3x3 m     |
| Bajo Reventazón        | 1964 | <i>Cedrela tonduzii</i> | 2x2 m     |

Existen importantes datos de crecimiento y reacción de las especies bajo las diversas condiciones enunciadas; en general, la *Toona ciliata* demuestra hasta hoy, 4 años de edad, buena adaptabilidad, sanidad y crecimiento, por ejemplo en Florencia Sur, bajo suelos arcillosos profundos y bien drenados, ha alcanzado en 4 años, 12,19 m de altura media y 13,79 cm de DAP; todas las mediciones de crecimiento de los demás bosques se hallan a la disposición para su observación al momento que requieran.

#### Referencias

1. BASCOPE, F. *et al.* El género *Cedrela* en América. Descripción de árboles forestales. Inst. For. Latinoamericano de Investigación y Capacitación. Mérida, Venezuela, 1957. Bol. No. 2.
2. BEARD, J. S. Summary of silvicultural experience with Cedar (*Cedrela mexicana* Roem) in Trinidad. *Caribbean Forester* 3(3):91-102. 1942.
3. FORS, A. Notas sobre la silvicultura del Cedro (*Cedrela mexicana* Roem). *Caribbean Forester* 5(3):115-118. 1944.
4. GARCIA ALVAREZ, L. Cedar seedling blight in Puerto Rico. *Caribbean Forester* 1(2). 1940.
5. HOLDRIDGE, L. R. *et al.* Los bosques de Guatemala. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas y el Instituto de Fomento de la Producción de Guatemala. Turrialba, Costa Rica. 1950.
6. REYNA JAIMES, E. Regeneration of *Cedrela mexicana* by direct sowing advantages over planting. *Proc. 5th World For. Congr., Seattle*. Vol-1:603-6. 1960.
7. LAMB, F. B. Mahogany of Tropical América. Michigan, Library of Congress. 1966. 220 p.
8. LAMB, A. F. A. Especies maderables de crecimiento rápido en la tierra baja tropical, *Cedrela odorata*. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. Boletín Nq. 30-31. Mérida, Venezuela. 1969.
9. RECORD, S. J. American Timbers of the Mahogany family. *Tropical Woods* n° 66:7-33. Yale, 1941.
10. SMITH Jr., C. E. The species of *Cedrela* (Meliaceae). *Proc. 9th Bot. Congr. Montreal*. Vol. 2(368). 1969.
11. STREETS, R. J. Exotic Forest Trees in the British Commonwealth. Oxford. 1962.

# INFLUENCIA DE LA SILVICULTURA EN EL COM- PORTAMIENTO DE *CEDRELA* EN SURINAM\*

Leonidas Vega C.

Jefe, Proyecto Mapane  
Servicio Forestal de Surinam  
Paramaribo, Surinam

## ABSTRACT

Many studies have been carried out in the tropical zone to solve the silvicultural problem of *Cedrela* as well of other Latin American Meliaceae. Nevertheless, all efforts for an economical cultivation have failed, owing to a misinterpretation of the ecological nature of the species, and partly to the damage caused by *Hypsipyla grandella* Zeller.

This study makes a comparison of the behavior of *Cedrela angustifolia* Sessé, using the silvicultural method of enrichment of the tropical high forest with other alternatives of silvicultural techniques.

The provisional data on growth (height and diameter) show that the species reacts satisfactorily to the stratification of the site quality and to the quantity of light. A probable yield of 150-270 m<sup>3</sup>/ha is estimated in a 35 year commercial rotation, based on the diameter growth during 7 years.

It has been found that the susceptibility and resistance of *Cedrela* plants to the attack of *H. grandella* depends on their vigor, conditioned by the type of soil and the degree of light. Under adequate environmental conditions, the reaction of plants to the damage of the shootborer is produced in short time (3-4 years), when the plants reach a height of 7 m and a diameter of 6 cm. The need of carrying out an intensive tending and of applying pruning methods in the vigorous individuals in order to favor the vertical growth of only one terminal bud is emphasized.

The disadvantages of the management of *Cedrela* in plantations in the open and under the spontaneous regeneration method are discussed.

This work intends to bring out points which may serve for a more rational assessment of the silvicultural methods of *Cedrela* as an indirect control of *H. grandella* and to accept its damage as a secondary factor in the formation of resistant stands.

## Introducción

El problema de la silvicultura de *Cedrela* en el trópico americano ha merecido la atención en muchos trabajos (2,3,4,7,8,9,15), a través de los cuales se conocen hoy día los detalles técnicos sobre sus características silviculturales y tecnológicas. A pesar de este conocimiento vasto, por el momento el silvicultor se ve incapacitado

para cultivarla económicamente por la incorrecta aplicación de los factores ecológicos y el ataque de *Hypsipyla grandella* Zeller. Debido al daño alarmante de este insecto en los brotes terminales de las plantas, en los últimos años se han organizado grupos de investigadores en Mérida, Venezuela (10,11) y en Turrialba, Costa Rica (1,5,6) con el propósito de realizar estudios detallados del ciclo biológico de este insecto y los medios para controlarlo.

\* Proceedings First Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*, IICA—CTEI (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 1973 y Boletín IFLAIC 46-48:57-96. 1974

El enfoque de las meliáceas en Surinam no es nuevo. El Servicio Forestal estableció plantaciones de



*Cedrela odorata* L. y *Carapa guianensis* Aubl., en escala experimental hace 12 años; paradójicamente el área de cultivo fue restringida por los daños de este insecto. No obstante, esta situación y basándose en los datos experimentales existentes, el cultivo de *Cedrela* y de otras meliáceas valiosas, recibió un nuevo impulso en el plan de cinco años (1968-1972). Durante este período se plantaron alrededor de 80 ha. en el área de Mapane, con una tendencia al aumento paulatino dentro del programa general de plantaciones, con la finalidad de producir materia prima para la industria de contrachapado. Esta actitud positiva sobre el porvenir de *Cedrela*, se basa en la realidad de que las plantas vigorosas pueden reaccionar al ataque de *Hypsipyla* en un tiempo relativamente corto y constituirse en un rodal eficiente bajo determinadas condiciones silviculturales.

Estas condiciones, se refieren al control de factores ecológicos: calidad de sitio (estratificación), dosificación de la luz, uso de barreras laterales de vegetación para protección y para estimular el crecimiento vertical. Un requisito básico para la efectividad de la técnica silvicultural, es la aplicación, en los primeros años, de un mantenimiento intensivo dentro de ciertos límites económicos.

El propósito de este trabajo, es la evaluación preliminar de la técnica silvicultural con relación al control indirecto de *Hypsipyla grandella* Zeller.

### REVISION SOBRE ALGUNOS REQUISITOS ECOLÓGICOS DE CEDRELA

Aunque parece ilógico volver a tratar sobre los requerimientos ecológicos de una especie valiosa que tanta atención ha merecido desde hace 80 años, los continuos fracasos en su cultivo hacen pensar que algunos factores no han sido debidamente interpretados. Por esta razón, se considera por demás justificada una revisión sobre la influencia de los factores ecológicos en el crecimiento de esta especie. Los puntos más importantes pueden resumirse como siguen:

1. **Factores del suelo:** Desde la época de los trabajos clásicos de Beard (2), y Marshall (7), se encontraron que los factores físicos del suelo, principalmente el drenaje y la aeración del suelo, son los responsables para el crecimiento de *Cedrela*. En la selva tropical pluvial (lluvia anual 2000-3000 mm) muy pocos intentos se han hecho para evaluar las principales propiedades del suelo con relación a la posición topográfica del sitio y el crecimiento de esta especie, aunque curiosamente una mayoría de los investigadores coinciden en que la topografía juega un rol importante (3,7,8,15). Hoy día, está ampliamente reconocida que la topografía influye considerablemente en las propiedades individuales de un sitio determinado, por el hecho de que determina el drenaje, las características texturales del suelo, la aeración y las fluctuaciones del agua freática.

Otro aspecto que ha merecido poca atención, son las exigencias o relaciones biológicas y nutritivas de las raíces superficiales del cedro con relación a la capa de humus del suelo, pues se han encontrado que en ausencia de estas relaciones las plantas pueden sufrir ciertas alteraciones fisiológicas que afecten su comportamiento (3,7). Es bien conocido que en los suelos lixiviados de la zona húmeda tropical, los nutrientes generalmente se acumulan y transforman biológicamente en el horizonte de humus, y que los horizontes adyacentes contribuyen poco al abastecimiento de nutrientes, tal como demostró recientemente Stark (14), quien indica que la remoción de esta delgada capa superficial del suelo (1-2 cm de espesor) ha frustrado hasta el presente todo intento sano del establecimiento de cosechas agrícolas y forestales.

¿Cuál ha sido la actitud del silvicultor en estos aspectos? El insiste en el cultivo de *Cedrela* sin una zonificación previa de los sitios ecológicos y bajo las condiciones de campo abierto. Es decir, establecer plantaciones una vez que el suelo superficial ha sido removido. Bajo estas condiciones, un desequilibrio entre las raíces y la cantidad de nutrientes producirán plantas débiles con escasas probabilidades para reaccionar al ataque de *Hypsipyla*. Sólo así podemos explicarnos los contados éxitos del cultivo del cedro en algunos países de la zona tropical. Si examinamos detenidamente las informaciones de Lamb (8), se ve que todos los trabajos de reforestación con *Cedrela* en campo abierto, han tenido éxito cuando el suelo ha sido sujeto a la quema y juntamente con cosechas agrícolas, condiciones en las cuales se les proporcionan los máximos cuidados culturales.

2. **Requerimientos de luz:** Un aspecto que explica claramente la naturaleza ecológica de las exigencias de luz de *Cedrela*, es su modo de comportamiento en la regeneración natural; al respecto, esta especie está considerada por Schulz (12) en la categoría de las "oportunistas", incluyéndose bajo este concepto aquellas especies que demandan mucha luz para su desarrollo, las cuales para poder regenerarse aprovechan pequeños claros que se forman en el bosque primario por efecto de la caída de otros árboles debido a un factor climático (viento) o biológico. El desarrollo posterior de la regeneración así formada, depende considerablemente de la competencia de la regeneración secundaria más agresiva, que por lo general tiende a suprimirlas, en la cual sobreviven los individuos vigorosos que pueden sostener un crecimiento vertical continuo. En el caso del cedro, aparte de la supresión de los brinzales (o latizales) por la competencia de otra vegetación más agresiva, cabe agregar el efecto de los ataques de *Hypsipyla*, cuya presencia en el bosque tropical pluvial se debe a la existencia de otras especies forestales hospedantes como por ejemplo *Carapa*, los que dan lugar a escasas probabilidades de sobrevivencia de los individuos vigorosos.

De las anteriores consideraciones, se desprende que existe una estrecha relación entre el crecimiento longitu-

dinal y la cantidad de luz que reciben las plantas. Ahora bien, para explicar la aplicación de esta forma de comportamiento de *Cedrela* en la práctica silvicultural, comparemos dos posibles ambientes de iluminación: a) plena exposición solar (campo abierto) y b) sombra lateral parcial, que se consigue exponiendo las plantas a la luz vertical por encima de sus copas y uso de paredes laterales de vegetación. En el primer caso, las plantas tienen un crecimiento menos activo, debido por una parte a la mayor actividad de la fotosíntesis que aumenta la tendencia hacia la diferenciación y por otra, a la menor disponibilidad de nutrientes y agua. En el segundo caso, según la intensidad de luz que llegue al suelo forestal, las plantas tienen de un moderado a excesivo alargamiento del tallo (ahilamiento) debido a las condiciones favorables para un crecimiento continuo (abundante suministro de agua y nutrientes en los primeros 30 cm del suelo).

Los resultados de las mediciones de luz en estos ambientes, en el área de Mapane, llegaron a las siguientes conclusiones:

Las primeras observaciones sobre este factor, fueron realizadas por Schulz (12), quien comparando las intensidades de luz prevalentes dentro del bosque mesofítico primario (imperturbado) y de campo abierto, llegó a la conclusión de que este factor tiene una influencia directa en el crecimiento de los árboles. También subraya que las condiciones de luz prevalentes en el bosque primario pueden ser dosificadas hacia la intensidad máxima de campo abierto (85% en la mitad de un día despejado) mediante el envenenamiento sucesivo de los árboles.

Posteriores mediciones de la luz, en el área de Mapane, fueron ejecutadas por Wiersum (16); el autor comparó las intensidades de la luz a 1,30 m del nivel del suelo, que ocurre en campo abierto con las existentes en el bosque imperturbado y con el bosque perturbado por envenenamiento (fajas abiertas para plantación). Encontró los siguientes resultados:

- a. Bosque primario con 25,8% de la intensidad de luz máxima de campo abierto;
- b. Bosque perturbado para plantación, un año después del envenenamiento general, con 49,7%;
- c. Fajas abiertas en el bosque perturbado, un año después de la plantación, 65-75% de la intensidad de campo abierto. También señala que las posteriores dosificaciones de la luz en las fajas, tienen por meta alcanzar la intensidad máxima de iluminación de campo abierto.

#### Características generales del área de Mapane

Para dar una idea sobre el manejo de las plantaciones de *Cedrela* y otras latifoliadas, se expone a continuación un resumen de las principales características ecológicas de la zona en consideración:

El complejo administrativo de Mapane, está ubicado al Sur de la llanura costanera y adyacente a la faja de sabanas (ver mapa). Geológicamente, pertenece al complejo basal cristalino (de origen pre-cambiano) el cual forma parte del escudo de la Guyana, formado por rocas ígneas (granitos a cuarzo, dioritas) y esquistos metamórficos. Estas rocas están generalmente cubiertas por suelos profundamente meteorizados que varían en estructura (livianos a muy pesados). El proceso de laterización fue el principal factor de formación de los suelos.

**Clima:** Este se caracteriza por una precipitación pluvial de 2.100 mm anuales distribuidos en 8,5 meses húmedos (más de 100 mm por mes) y dos períodos secos, extendiéndose el período seco prolongado de setiembre a noviembre (menos de 100 mm por mes). La temperatura media anual es en promedio de 26°C.

Los tipos de bosque que ocurren en la región, han sido objeto de un estudio detallado desde el punto de vista bio-ecológico por Schulz (12) como paso previo a la introducción de prácticas silviculturales en el bosque perturbado por la explotación. Se llegó a la conclusión de que las variaciones de los tipos del bosque están estrechamente correlacionados con los tipos de suelos.

**Suelos:** Para entender el problema de la estratificación de los sitios ecológicos para plantación, a continuación se incluye un resumen de las características de los principales tipos de suelo de la región Mapane, los que fueron agrupados desde el punto de vista de la humedad.

- a. **Suelos hidromórficos:** Son suelos influidos por agua superficial y de fondo; están caracterizados por una saturación de agua durante períodos largos, bien sea por agua de fondo o por agua superficial estancada o con poco movimiento debido al mal drenaje. Los suelos influidos por el agua freática ocurren en las partes bajas y planas de las colinas, los cuales son el resultado de procesos de deposición pluvial y cambios de curso de los ríos y caños; éstos permanecen temporalmente inundados en los períodos lluviosos; como el agua tiene cierto movimiento da lugar a una aeración aceptable para el desarrollo de árboles valiosos del bosque higrofito.

La segunda condición del suelo, los influidos por el agua superficial o vadósica (pseudogley), presenta un drenaje parcialmente impedido, que depende del grado de compactación de las capas ferríticas (productos de la laterización) que se acumulan sobre un subsuelo poco permeable; bajo estas condiciones el agua de gravedad no puede penetrar o lo hace muy lentamente en el subsuelo, formándose agua estancada en el suelo superior. Estos suelos son superficiales, y tienen una actividad biológica baja debido a la poca aeración. Estos se presentan localmente en la parte superior de las colinas y soportan una vegetación arbórea del tipo mesofí-

tico, cuya calidad depende del movimiento del agua vadósica.

**b. Suelos ferralíticos (latosoles):** Son suelos minerales, que ocupan una área considerable de la región; son profundamente meteorizados, con un buen drenaje interno y bien aerados. Presentan una capa de concreciones de cuarzo de espesor variable y a diferentes profundidades según la posición topográfica. La arcilla laterítica es de color rojo que está relacionada con la presencia de minerales de óxido de hierro (hematita) principalmente en la parte superior de las pendientes, aunque en las partes más bajas son de color amarillento que parece estar relacionado con la dinámica del agua. En ambos casos el horizonte B es bien estructurado. Son químicamente, pobres, pero con buenas propiedades físicas y por eso ofrecen buenas condiciones para el crecimiento de los árboles. Sobre este tipo de suelos se desarrolla el bosque mesofítico.

**c. Suelos arenosos (pseudopodsos tropicales):** Son suelos pardos oscuros, excesivamente drenados, con abundante materia orgánica. Según el grado de lixiviación de la capa arenosa (probablemente producto de la sedimentación continental), portan una vegetación arbórea del tipo xerofítico. Son de baja fertilidad y de fácil lixiviación una vez deforestados. Ocupan pequeñas áreas en el domo de las colinas, teniendo un uso forestal restringido.

De las anteriores consideraciones se desprende que el carácter de los suelos depende enteramente de la topografía del terreno, factor que se usa como patrón en la zonificación del área en unidades ecológicas de manejo, bien definidos en cuanto se refiere a su potencial para el establecimiento de especies forestales.

## Informaciones básicas sobre el comportamiento de *Cedrela*

### 1. Justificación

La justificación de los tratamientos silviculturales de la selva tropical mesofítica de Surinam, fue ampliamente discutida por Schulz (13). Actualmente las actividades silviculturales del complejo administrativo de Mapane, incluyen tres categorías:

- a. Manejo de parcelas permanentes de regeneración natural.
- b. Manejo de plantaciones experimentales en pequeña escala, para estudiar el comportamiento de varias especies nativas y exóticas, establecidas en diferentes sitios ecológicos y diferentes tratamientos de la masa forestal.
- c. Plantaciones de enriquecimiento a gran escala con *Virola* y otras latifoliadas, para producir materia prima para la industria de contrachapado.

Las plantaciones experimentales de *Cedrela*, que abarcan 80 ha y persiguen los mismos objetivos que las plantaciones de *Virola*, están incluidos en el programa regular de producción, aunque con muchas limitaciones mientras se tenga la información silvicultural suficiente de las parcelas permanentes. Los siguientes capítulos relacionados con la silvicultura de *Cedrela*, pretenden proporcionar una información preliminar de los resultados conseguidos hasta la fecha.

### 2. Respuesta de *Cedrela odorata* en la regeneración natural

El objetivo fundamental del tratamiento silvicultural de la selva tropical mesofítica, basada en la regeneración espontánea, es la búsqueda de una técnica que permita conducir un número suficiente de "individuos efectivos" de las especies comerciales hacia la cosecha final. Teniendo en cuenta esta finalidad, los tratamientos aplicados en la transformación de la selva mesofítica (intervención basada en un muestreo previo de carácter económico/silvicultural), incluyen una serie de intervenciones escalonadas según la intensidad de manejo prefijado, comprendidas entre las siguientes categorías:

- a. **Tratamientos intensivos:** Estos toman en cuenta el fomento de toda la regeneración, partiendo del estado de las plántulas germinadas. En este caso el turno para alcanzar el tamaño comercial de las especies es largo y en consecuencia, la inversión tiende a ser anti-económica. Las fases de intervención en la masa forestal son muy variables, entre éstas incluyen las siguientes: explotación, refinamiento, liberaciones y aclareos selectivos.
- b. **Tratamientos extensivos:** son los que toman en cuenta únicamente los árboles valiosos por encima de un determinado tamaño diamétrico. El turno para alcanzar el tamaño comercial es corto, implica menores gastos de inversión, pero con el inconveniente de un vuelo muy reducido. Las intervenciones se reducen a la explotación y a un refinamiento dirigido para liberar los árboles valiosos de la competencia de los indeseables.

Tal como se comprende, en estos tratamientos, no existe un método dirigido exclusivamente hacia el fomento de la regeneración de *Cedrela*, debido fundamentalmente a la existencia de un reducido número de árboles semilleros, muy dispersos, que no pueden garantizar una regeneración suficiente para que ellos constituyan un elemento dominante en la composición florística, y mucho menos para que tengan una distribución espacial aceptable. En todos los casos de tratamiento de la masa, las plantas de *Cedrela* con latizales, son tomadas en cuen-

ta en las liberaciones una vez que alcanzan una altura adecuada (+ 1,50 m). Las informaciones más importantes que pueden conseguirse de estas parcelas, son las determinaciones de las tasas de crecimiento y la fijación del turno, ya se trate de una especie o del conjunto de la masa en general. Con este propósito, se efectúan anualmente mediciones del diámetro, que abarcan todos los tamaños de grosor, el control de los ingresos y la mortalidad.

Los resultados preliminares, de las mediciones del diámetro conseguidas para *Cedrela odorata*, permitieron obtener la curva del crecimiento anual de la Figura 1, dicha relación está basada en las mediciones de 175 árboles durante un período de 7 años (1960-1967). Cada punto representa el promedio de cinco árboles. La interpretación de esta relación permitió realizar las siguientes estimaciones:

- a. Estimación del crecimiento medio anual por clases/diámétricas.

- b. Cálculo de los tiempos de pasaje de una clase diamétrica a otra clase superior ("adelanto").
- c. La estimación del turno, en años, para alcanzar el diámetro mínimo comercial (45 cm).

Un resumen de estos cálculos, se presentan en el Cuadro 1, los que permiten fijar la meta del rendimiento probable a ser esperado de las plantaciones de *Cedrela*, cuyo manejo en los primeros años sigue los mismos principios. Es decir, se basan en el refinamiento y las liberaciones continuas, hasta lograr que los individuos valiosos se defiendan por sí mismos de la competencia de la maleza. En este cuadro el rendimiento del volumen por clase diamétrica, fue estimado a partir de la relación del volumen con el diámetro, obtenida para esta especie por cubicación directa de 110 árboles, comprendidos entre 10 y 62 cm de diámetro DAP (Véase Fig. 2).

Cuadro 1. Estimación del crecimiento diametral y del turno comercial para *Cedrela odorata* de regeneración natural, en Mapane.

| Clase diamétrica (cm) | Diámetro medio (cm) | Incremento medio anual (cm/año) | Tiempo de pasajes (años) | Tiempo acumulado (años) | Volumen (m <sup>3</sup> ) |
|-----------------------|---------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 0 - 5                 | 2,5                 | ---                             | x                        |                         |                           |
| 5 - 10                | 7,5                 | 0,95                            | 5,2                      | x + 5,2                 | 0,03                      |
| 10 - 15               | 12,5                | 1,56                            | 3,2                      | x + 8,4                 | 0,10                      |
| 15 - 20               | 17,5                | 1,84                            | 2,7                      | x + 11,1                | 0,16                      |
| 20 - 25               | 22,5                | 1,68                            | 2,9                      | x + 14,0                | 0,28                      |
| 25 - 30               | 27,5                | 1,43                            | 3,4                      | x + 17,4                | 0,42                      |
| 30 - 35               | 32,5                | 1,18                            | 4,2                      | x + 21,6                | 0,75                      |
| 35 - 40               | 37,5                | 0,96                            | 5,4                      | x + 27,0                | 1,30                      |
| 40 - 45               | 42,5                | 0,64                            | 7,8                      | x + 34,8                | 1,80                      |

El tiempo de pasaje se refiere al número de años necesarios para pasar de una clase a otra. Del análisis del cuadro se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- a. En promedio, el crecimiento del diámetro para *C. odorata*, se estima en 1,1 cm/año (crecimiento rápido). El óptimo del crecimiento se obtiene entre 15 a 35 cm de diámetro (en promedio 1,5 cm/año), a partir del cual disminuye considerablemente. Esta forma del comportamiento influye mucho en el manejo (económicamente), es decir, que no es razonable alargar el turno más allá de 45 cm de diámetro, sin el inconveniente de aumentar los costos de mantenimiento (más inversión en detrimento de los beneficios).
- b. El turno en años se estima en X+35 años. Siendo X el número en años para alcanzar 5 cm de diámetro.
- c. El volumen comercial, a la edad del turno, se estima en 1,80 m<sup>3</sup> por pie con fuste comercial de 15 metros (dos trozas y media). Esta cifra se considera muy conservadora, porque en una plantación es posible conseguir una altura mayor del fuste.
- d. El punto crítico para el cálculo de la productividad, es la fijación del número de árboles

que llegarán al turno final. Tentativamente se ha fijado para las plantaciones de enriquecimiento, de 100 – 150 árboles por ha (150 – 270 m<sup>3</sup>/ha) que se estima un rendimiento por demás suficiente si se toma el valor de la madera.

En conclusión, bajo las condiciones del bosque tropical húmedo, se considera sumamente difícil un rendimiento aceptable sobre la base del manejo "natural" intensivo, por las siguientes limitaciones:

- a. El establecimiento de la regeneración natural de *Cedrela*, está limitada por la falta de árboles semilleros en suficiente número y bien distribuidos; además existen los inconvenientes de la producción irregular de las semillas y los problemas de diseminación de las mismas.
- b. Las experiencias sobre regeneración natural, incluso bajo los tratamientos intensivos, han demostrado que no son factibles económicamente.
- c. Es difícil prever el número de árboles de cedro, a ser esperados en la cosecha final, porque depende del papel de las otras especies valiosas que entran en juego.

## MÉTODOS DE PLANTACION

Las plantaciones experimentales de *Cedrela angustifolia* Sesse (con semillas procedentes de Venezuela) y de *Cedrela odorata* (semillas recolectadas en el área de Mapane) se establecieron siguiendo dos criterios, a saber:

- a. Plantaciones en fajas por enriquecimiento del bosque explotado.
- b. Plantaciones a campo abierto, previa deforestación del terreno.

Las plantaciones de *Cedrela odorata* ocupan una área muy reducida en comparación a la otra especie, debido a la irregularidad en la producción de semillas. En ambos casos, se tomó en cuenta la estratificación de los principales tipos de suelo (según la posición topográfica), basada en levantamientos del suelo. Aparte de los métodos generales de plantación se ensayaron otros procedimientos en escala muy reducida.

### Técnica de Vivero

Para *C. angustifolia*, el principal proveedor de semillas es Venezuela (IFLA); estas semillas son de buena calidad (viabilidad: 90%). Para *C. odorata*, la recolección de semillas se hace entre febrero y marzo; éstas tienen

una germinación muy irregular. Se consiguieron mejores resultados con plántulas nacidas al pie de los árboles semilleros.

Para la primera especie, la siembra se realiza en semilleros que contienen tierra previamente preparada (mezcla de tierra con ceniza). El repique, se efectúa a los 15 días después de la germinación ( $\pm$  5 cm de altura) en envases de papel asfáltico (tamaño: 15 x 5 cm). En las primeras semanas se proporciona una media sombra con esteras. Los posteriores cuidados culturales se reducen al riego constante, desyerbes y fertilización con N.P.K. (15-15-20). Las plantas permanecen en vivero de 6 a 8 meses. El tamaño de plantación es de 20 a 30 cm de altura (plantas pequeñas). En ensayo previo, se encontró que no hay diferencias significativas con el empleo de plantas grandes (60 – 70 cm). Existen dos períodos de plantación que coinciden con los períodos lluviosos (enero-febrero y mayo-junio).

## PLANTACIONES DE ENRIQUECIMIENTO CON *CEDRELA ANGUSTIFOLIA*

Esta técnica consiste en el enriquecimiento del bosque explotado y refinado (envenenamiento de la masa forestal indeseable). El enriquecimiento es lineal en grupos (tres plántulas por grupo), con un espaciamiento de 10 m entre líneas y 5 m entre grupos dentro de las líneas, con una densidad de 200 grupos por hectárea. La meta es conducir por sucesivo raleos (2-3) a una existencia de 100-150 árboles hectárea para la cosecha final.

En el presente trabajo, no se discutirá la justificación y el detalle de cada una de las operaciones que comprende el enriquecimiento; ésta es objeto de una publicación separada. En resumen las operaciones son:

**Operaciones de preparación del terreno:** Comprenden las siguientes fases:

- a. Subdivisión del terreno en rodales de 12,5 ha (500 x 250 m).
- b. Selección de árboles valiosos, remanentes del vuelo original que no fueron apeados, porque no alcanzaron los diámetros comerciales de explotación. La selección se considera como un "adelanto" de la regeneración del bosque, porque tienen varios años de ventaja sobre las plantas introducidas y además constituyen una reserva en el caso de mortalidad. En promedio se seleccionan 40 árboles/ha sobre los 20 cm DAP.
- c. Apertura del dosel de coque por envenenamiento de los árboles indeseables mayores de 20 cm DAP ( $\pm$  18 m<sup>2</sup> del área basal/ha). Tiene por la finalidad de bajar la altura de iluminación hasta 15 m sobre el nivel del

suelo. El envenenamiento se efectúa en la época seca (setiembre/octubre). Se usa como producto químico 2,4,5-T ("Esteron") mezclado en aceite diesel al 3,5%. Para especies exigentes de luz, como *Cedrela*, este envenenamiento debe ser realizado con 2-3 años previos a la plantación.

#### Operaciones de plantación

- a. Apertura de las fajas de enriquecimiento con 10 m de separación y aproximadamente 2 m de ancho, de preferencia poco antes de la plantación.
- b. Apertura de hoyos (20 x 30 cm) antes o simultáneamente con la plantación (200 grupos/ha = 600 hoyos/ha).
- c. Plantación en el período lluvioso, según las existencias efectivas del vivero.

#### Operaciones de mantenimiento

Para el éxito de este método de plantación, se estima que el conjunto de las operaciones del mantenimiento, son de importancia fundamental; éstos incluyen los siguientes:

- a. **Liberación por lo alto**, tiene el propósito de dosificar la luz en las fajas, de tal manera que la intensidad de iluminación alcance, al fin del primer año, de 65% a 85% de la intensidad de campo abierto. Consiste en el envenenamiento de los árboles indeseables a lo largo de las fajas de plantación, que compiten con los árboles introducidos y los pies seleccionados. Se efectúa en varias etapas. En el caso de *Cedrela*, la primera liberación se realiza al mes después de la plantación, de lo contrario se detiene el crecimiento y hay elevada mortalidad de las plantas. Con esta operación, se reduce la altura de iluminación hasta 5 metros y elimina aproximadamente 8,5 m del área basal por ha. Esto se consigue envenenando todos los latizos o fustales por encima de 5 cm de diámetro con 2, 4, 5-T mezclado al 3,0% en aceite diesel.
- b. **Liberación lateral**: consiste en el envenenamiento o corta con machete de los latizos indeseables en los costados de las fajas. Tienen el propósito de formar las paredes laterales, en forma de "V". Mediante la liberación lateral, según los casos, se van bajando a partir de los 3-4 años la altura de las paredes laterales. Estas paredes funcionan como "estimuladores" del crecimiento en altura de las plantas establecidas (por elongamiento exagerado del brote terminal del tallo) y evitan la formación de ramas laterales. La frecuen-

cia de las liberaciones laterales depende del tipo de crecimiento de las plantas y del tipo de la vegetación secundaria y malezas que se desarrollan por el aumento de la luz en las fajas, en promedio éstas varían de 4-3 veces por año durante los cuatro primeros años. Es decir, se necesita un mantenimiento intensivo durante los primeros cuatro años, hasta que las plantas introducidas puedan defenderse por sí mismas de la competencia de la maleza con una ayuda mínima.

- c. **Limpiezas**: Tiene por objeto la eliminación con machete de la maleza baja que se establece como resultado del cambio de las condiciones de iluminación en el suelo forestal. Son necesarias durante el primer año.
- d. **Selección de árboles efectivos para la cosecha final**: Esta operación representa el primer aclareo de la masa forestal introducida, y tiene por finalidad, eliminar la competencia entre los árboles dentro de cada grupo, reduciendo la existencia a 200 árboles "efectivos" por hectárea con un espaciamiento de 10 x 5 m, es decir, de cada grupo se eliminan los árboles que presentan defectos en el fuste o simplemente están compitiendo entre sí.

La práctica de esta operación para *Cedrela*, se efectúa a los cuatro años de edad, una vez que los árboles han alcanzado en promedio una altura mayor de 7 m y un diámetro mínimo de 5 cm. Estas prescripciones silviculturales, se basan en las siguientes observaciones empíricas:

1. La especie tiene crecimiento rápido y tiene la propiedad de desarrollar fustes rectos y cilíndricos, con ramas delgadas, factores que favorecen la posibilidad de raleos fuertes.
2. Los árboles que han alcanzado las dimensiones anteriores, se estiman que están fisiológicamente aptos para resistir el ataque de *Hypsipyla*.
3. La cubierta superior está despegada.

La necesidad de raleos de los grupos a los cuatro años, fue demostrada en la parcela (1/10 Cuadro 2) en donde fue efectuada esta práctica silvicultural.

#### RESPUESTA DE *CEDRELA ANGUSTIFOLIA* EN EL ENRIQUECIMIENTO

Para evaluar el comportamiento de esta especie, en este sistema silvicultural, las observaciones se realizan en muestras de tamaño variable (de 0,5 - 1,0 ha), repartidas en los rodales randomizadamente (al azar). Estas observaciones se efectúan anualmente y en casos especia-

les (ataque de *Hypsipyla*) en varias épocas del año, las que incluyen mediciones de la altura, diámetro y observaciones sobre la mortalidad.

En el Cuadro 2 se dan el crecimiento en altura (m), el diámetro DAP (cm) y la ocupación en % de los grupos de los rodales. En líneas generales, el crecimiento en altura de esta especie es rápido, acusando un promedio de 1,5 m anual, el cual indica que esta especie reacciona

positivamente al efecto de la dosificación de la luz por sucesivos envenenamientos y la liberación de la vegetación indeseable. Esta cifra es mayor cuando los árboles están libres de impidentes por encima de sus copas, efecto que se consigue a partir de los tres años, aspecto comprensible si se toma en cuenta que a esta edad la cubierta superior está completamente despejada y la altura de la vegetación lateral comienza a ser rebajada a medida que la altura de las plantas aumenta.

Cuadro 2. Resumen de datos sobre el comportamiento de *Cedrela angustifolia* en algunas parcelas en enriquecimiento de Mapane.

| Especificaciones             | Parcelas evaluadas Nov. 1972 |        |        |       |        |
|------------------------------|------------------------------|--------|--------|-------|--------|
|                              | III/4                        | II/1-A | II/1-F | I/9-C | I/10-D |
| Superficie (ha)              | 12,5                         | 12,5   | 12,5   | 0,5   | 1,0    |
| Tamaño evaluado (ha)         | 1                            | 1      | 1      | 0,5   | 1,0    |
| Edad (años)                  | 1                            | 2      | 2      | 3     | 4      |
| N° de grupos/ha (evaluada)   | 200                          | 200    | 200    | 100   | 202    |
| N° de árboles                | 600                          | 600    | 600    | 300   | 600    |
| Ocupación/ha (%):            |                              |        |        |       |        |
| Grupos con 3 plantas         | 52,5                         | 30,5   | 25,5   | 25    | 64     |
| Grupos con 2 plantas         | 37,5                         | 49,0   | 52,5   | 35    | 26     |
| Grupos con 1 planta          | 10,5                         | 20,5   | 22,0   | 20    | 8      |
| Mortalidad (%)               | 19,0                         | 30,0   | 25,0   | 20    | 16     |
| Altura mayor (m) prom.       | 1,1                          | 2,0    | 2,1    | 4,6   | 6,8    |
| Arbol más grande (m)         | 1,7                          | 6,7    | 5,5    | 13,0  | 15,0   |
| Arbol más pequeño (m)        | 0,2                          | 0,2    | 0,3    | 1,3   | 1,2    |
| Diámetro DAP (cm) prom.      | —                            | —      | —      | 5,6   | 6,7    |
| Diámetro DAP (cm) más grande | —                            | —      | —      | 11,3  | 14,5   |
| Diámetro más pequeño (cm)    | —                            | —      | —      | 2,5   | 3,1    |
| Arboles entresacados         | —                            | —      | —      | —     | 39     |
| Crecimiento anual            |                              |        |        |       |        |
| (prom. altura)               | 0,9                          | 1,0    | 1,5    | 1,5   | 1,7    |
| Crecimiento diam. prom.      |                              |        |        |       |        |
| (cm)/año                     | —                            | —      | —      | 1,8   | 1,6    |

(1) La mortalidad se refiere a los árboles muertos por la caída de árboles envenenados y los ocasionados por los obreros en las limpiezas.

El crecimiento en diámetro, juega un rol importante una vez que los árboles están libres del daño de la caída de ramas o árboles envenenados. En promedio, esta especie alcanza a los cuatro años, 6 cm de diámetro (con un crecimiento medio anual de 1,6 cm DAP) cifra ligeramente superior al conseguido en la regeneración natural (véase Cuadro 1). Estos resultados confirman la hipótesis de que el mantenimiento intensivo en los primeros años permite mejorar las condiciones del crecimiento (altura y diámetro), el cual a la larga influye en el turno para alcanzar el tamaño comercial.

La ocupación representa la proporción de los grupos ocupados con: 3, 2, 1 plantas, expresado como un porcentaje del número total de grupos plantados por hectárea. Sirve como control de la mortalidad de las plantas por efecto de la caída de árboles envenenados. También juega un papel importante en la selección de los árboles en el primer aclareo. Tal como se observa en el Cuadro 1, la ocupación para los grupos con 3 y 2 plantas, representan más del 50% del total; ésto implica que hay una mayor oportunidad para la selección de árboles en el raleo. La abundancia efectiva por

hectárea, es el número de árboles que sobrevivan al ataque de insectos o al daño mecánico de los árboles envenenados; es claramente comprensible que la abundancia efectiva tiene valor una vez realizado el primer raleo del grupo (caso óptimo 200 árboles efectivos por hectárea), los que se dejan para posteriores selecciones de corta, a medida que se produzca la competencia entre sus copas y el sistema radicular.

Con los resultados conseguidos con este método es posible sacar las siguientes conclusiones:

- a. El crecimiento en altura y diámetro, responde satisfactoriamente a la dosificación de la luz y la liberación lateral intensiva, durante un período de 4 años.
- b. Este crecimiento está estrechamente ligado al tipo de suelo, siendo los más convenientes en las partes bajas de colinas, sitios que se caracterizan por tener suelos bien drenados, profundos y buena aereación.
- c. La plantación en grupos en el enriquecimiento, permite asegurar el establecimiento de las plantas dentro de un determinado espaciamiento. Es decir, actúa como un catalizador de la mortalidad debida al ataque de insectos o la caída de árboles muertos.
- d. La selección de árboles efectivos a conducir hacia la cosecha final, es posible realizar a partir de los 4 años.

#### RESPUESTA DE CEDRELA EN EL BOSQUE SECUNDARIO Y CAMPO ABIERTO

El establecimiento de plantaciones en bosque secundario, supone una explotación intensiva de la masa forestal original. El método en sí, es una variante de la técnica anterior, la plantación se efectúa en líneas (fajas) abiertas a determinado espaciamiento (5 a 7 m). Con el propósito de una comparación de costo, las aperturas de las fajas se realizaron mecánicamente y con machete. Debido a la intensidad de explotación, las operaciones de dosificación de la luz fueron muy reducidas, quedando solo los mantenimientos laterales para la formación de paredes laterales en forma de "V".

Las plantaciones en campo abierto, suponen una transformación brusca del vuelo original, mediante la formación mecánica y preparación del terreno para la plantación, las que se establecen a un espaciamiento determinado (3 x 3 m). Este método, si bien tiene la ventaja de la mecanización de los mantenimientos y una reducción de los costos de establecimiento presenta los siguientes inconvenientes.

1. La capa superficial del suelo (la capa de humus) es completamente removida, lo que influye negativa-

mente en el establecimiento y crecimiento inicial, debido al sistema radicular sensible de esta especie.

2. Las plantas están desprovistas de toda protección lateral y hay falta de los estimulantes del crecimiento vertical.
3. Probablemente varios factores del medio ambiente (cambios de temperatura, humedad del suelo y del aire) son favorables para el desarrollo del insecto, los que son a la vez desfavorables para el huésped.

También se ensayó una combinación de los dos métodos anteriores, para aprovechar las ventajas de la mecanización de la deforestación y la formación de paredes laterales.

Todos estos ensayos son muy recientes, se establecieron en febrero de 1972, de tal manera que solo es posible proporcionar datos preliminares. En resumen, los tratamientos ensayados fueron los siguientes:

- a. Apertura de las fajas (E-0) con bulldozer (ancho aproximado 4 m) con espaciamiento de 10 m entre fajas y 3 m dentro de las líneas. Altura aproximada de la maleza 5 m. Superficie plantada 5 ha.
- b. Apertura de las fajas (E-0) con machete, sin ninguna remoción del suelo superficial. El espaciamiento y la altura de la maleza son las mismas que el tratamiento anterior. Superficie plantada 5 ha.
- c. Plantación a campo abierto, previa deforestación del terreno y consiguiente preparación del mismo. Espaciamiento 3 m x 3 m. Superficie plantada 1 ha.
- d. Plantación en terreno quemado, previa deforestación y quema de la broza. Espaciamiento 5 m x 3 m. Después de la plantación se dejó crecer la maleza entre las líneas espaciadas cada 5 m y orientadas E-0. Mantenimiento lateral en fajas. Superficie plantada 5 ha.

En cada ensayo hay 4 replicaciones. El diseño consiste en una distribución aleatoria de las replicaciones de los diferentes tratamientos. El resumen de las informaciones conseguidas se presentan en los Cuadros 3 y 4 que incluyen los datos del crecimiento en altura, la mortalidad y el estado sanitario. Aunque el período de las observaciones es muy corto, se pueden sacar algunas conclusiones válidas sobre la factibilidad de los métodos ensayados y con tal propósito, se usó el crecimiento en altura como patrón de comparación. En el Cuadro 3, se presentan los datos promedios de las 4 replicaciones de cada tratamiento.



Cuadro 3. Respuesta de *C. angustifolia*, bajo 4 métodos de plantación. Mapane Edad: 22 meses.

| Tratamientos          | Replicaciones          |      |      |      | Totales | Promedio (m) |
|-----------------------|------------------------|------|------|------|---------|--------------|
|                       | (Altura promedio en m) |      |      |      |         |              |
|                       | 1                      | 2    | 3    | 4    |         |              |
| A. Líneas mecanizadas | 2.1                    | 1.6  | 2.2  | 1.5  | 7.4     | 1.9          |
| B. Líneas a machete   | 2.3                    | 2.1  | 1.8  | 2.7  | 8.9     | 2.2          |
| C. Terreno quemado    | 5.7                    | 5.7  | 6.7  | 5.7  | 23.7    | 5.9          |
| D. Campo abierto      | 1.7                    | 1.1  | 0.9  | 1.1  | 4.8     | 1.2          |
| Bloques totales       | 11.8                   | 10.4 | 11.6 | 11.5 | 44.8    | 11.2         |

El análisis de variancia, de los datos anteriores demostró que hay diferencias estadísticas significativas en el crecimiento en altura entre los métodos de plantación ensayados (al nivel del 0.05 de probabilidad). La comparación estadística para probar la superioridad de un método con otro, se hizo mediante la prueba "t" para el mismo nivel de probabilidades (95%). Basado en este análisis se concluye que el método de plantación de *Cedrela* en terreno quemado, es superior a los demás tratamientos. La superioridad del crecimiento en altura para este método, puede ser explicado por el efecto de la ceniza en el crecimiento de la planta. Actualmente, está demostrado que la ceniza, como producto del material leñoso quemado, tiene un efecto favorable y considerable en el crecimiento inicial de los árboles forestales, debido a que ésta actúa de tres maneras:

- a. Grandes cantidades de iones nutritivos de la broza después de la tala rasa y de la hojarasca se esparcen en la ceniza.
- b. El calentamiento de la superficie inmediata del suelo, tiene un efecto favorable sobre la población microbiológica, sobre las propiedades físicas y químicas de los coloides del suelo y sobre la asimilación de los iones nutrientes; el resultado es el establecimiento de una microflora muy diferente a la original, y quizás mucho más favorable.

Sigue en importancia al método anterior, la plantación en bosque secundario sin ninguna perturbación del suelo después de la explotación (líneas abiertas con machete) que es superior a los métodos A y D. De esta comparación, se desprende que las capas superiores del suelo juegan un papel primordial en el crecimiento, principalmente la capa orgánica, zona donde las raíces aliménticas aprovechan mejor los elementos nutritivos.

En el crecimiento reducido del tratamiento D, aparte de la limitación anterior (remoción de la capa

orgánica), tienen algún efecto las pérdidas de los nutrientes del suelo por acción de las intensas lluvias y las fluctuaciones de la humedad del suelo que son más acentuadas en un suelo desnudo.

La superioridad del tratamiento C no solamente se refiere al crecimiento en altura, sino también en cuanto a los otros factores que miden el comportamiento: la sobrevivencia, la resistencia al ataque de *Hypsipyla*, aspectos que pueden observarse en el Cuadro 4.

#### RESPUESTA DE *CEDRELA ANGUSTIFOLIA* AL ATAQUE DE *HYPSSIPYLA*

El control del ataque de *Hypsipyla grandella*, que causa daños en los brotes terminales de varias especies de meliáceas (*Carapa*, *Cedrela*, *Swietenia*), en los últimos años es objeto de un estudio intensivo desde el punto de vista entomológico (1,5,6,10,11). También la atención se dirige a la introducción de meliáceas resistentes a este insecto, como una solución al problema (6). Sin embargo, la información disponible sobre la resistencia y susceptibilidad de tipos dentro de un mismo género, como *Cedrela*, es muy escasa y muchas veces hay opiniones contradictorias. La falta de trabajos experimentales dirigidos a evaluar la resistencia a esta plaga se debe, desafortunadamente, a que la mayor parte de las observaciones de campo se realizaron bajo condiciones ambientales de campo abierto, que no es precisamente el óptimo ecológico de esta especie y tal vez porque estas observaciones han sido circunscritas a períodos cortos de tiempo sin tener la oportunidad de seguir la evolución del daño y la reacción de los árboles con el tiempo. Este modo de actuar es comprensible, si se toma en cuenta que solo recientemente los silvicultores del Trópico Americano, están usando en forma racional nuevas técnicas de apertura del dosel para la dosificación de la luz, con el empleo de arboricidas.

Cuadro 4. Crecimiento e incidencia del ataque de *Hypsipyla grandella* en *Cedrela angustifolia*, *Cedrela odorata* y *Toona ciliata*.

| Método de plantación          | A   |     | B   | C   |     | D   |  |  |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|
| Especies                      | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   | 3   |  |  |
| N° de plantas/ensayo          | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |  |  |
| N° de replicaciones           | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |  |  |
| Sobrevivencia (%)             | 95  | 95  | 100 | 59  | 55  | 71  |  |  |
| Daño por <i>Hypsipyla</i> (%) | 7   | 8   | 1   | 17  | 13  | --- |  |  |
| Edad de la plantación (meses) | 22  | 22  | 22  | 22  | 22  | 22  |  |  |
| Altura promedio (m)           | 1,9 | 2,3 | 5,9 | 1,2 | 1,0 | 1,6 |  |  |
| Arbol más alto (m)            | 5,5 | 6,8 | 9,0 | 4,8 | 5,0 | 3,4 |  |  |
| Arbol más pequeño (m)         | 0,4 | 0,8 | 1,0 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |  |  |

**Observación:**

En este cuadro se agregaron algunos datos preliminares sobre *Cedrela odorata* y *Toona ciliata*, plantadas en campo abierto con el objeto de llamar la atención sobre la respuesta de *Cedrela angustifolia* en este medio.

A = Plantación en fajas abiertas con bulldozer.

B = Plantación en fajas abiertas con machete.

C = Plantación en terreno quemado.

D = Plantación en campo abierto.

1 = *C. angustifolia* 2 = *C. odorata* 3 = *Toona ciliata*

El uso de métodos silviculturales en el control de *H. grandella* supone reducir el daño a niveles tolerables, admitiendo la flexibilidad de que el daño siempre existirá, principalmente si se trata de plantas débiles. Este punto de vista implica reconocer que la actividad del insecto depende de un estado fisiológico del huésped (la planta) y la cual estará limitado hacia un determinado lapso de tiempo (3-4 años). Es muy probable que el daño de *H. grandella* persista hasta una edad avanzada del árbol y el ataque se dirija a otras partes vulnerables, como las ramas terminales y los frutos, tal como anota Tillmanns (15). Este último aspecto tiene un valor secundario, cuando se considera la meta del manejo forestal enfocada hacia la obtención de un fuste aprovechable a una edad determinada.

Tomando en cuenta el razonamiento anterior, se presentan a continuación los resultados preliminares sobre la reacción de los árboles de *Cedrela angustifolia* al ataque de *Hypsipyla grandella*, basada en la observación sistemática del daño y la reacción del árbol con el tiempo, en algunos rodales experimentales de esta especie. Los resultados preliminares conseguidos hasta la fecha, se relacionan con los siguientes aspectos:

**1. Relación del ataque de *Hypsipyla* con el tipo de suelo:**

Varios investigadores (7, 8, 15) han sugerido que ciertas condiciones ambientales, entre ellos el tipo de suelo (humedad y drenaje deficiente del mismo) favorecen al ataque de este parásito. Estos factores del sitio, tal como lo anotamos anteriormente a su vez condicionan el vigor de las plantas e influyen en el crecimiento.

En términos del porcentaje de plantas de *Cedrela* atacadas por *Hypsipyla* con relación al tipo de suelo para una misma edad de plantación, se encontraron los resultados que aparecen en el Cuadro 5. Este cuadro contiene los porcentajes de plantas atacadas y sin ataque para dos períodos de observación, cuyas fechas coinciden con los comienzos de los períodos lluviosos.

Del análisis de los siguientes datos, se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- a. No existe una relación directa entre la intensidad del ataque y el tipo de suelo. Esta conclusión implica que aún bajo condiciones ecológicas favora-

bles del sitio de plantación, se debe esperar la actividad del insecto, una vez que la planta alcance el estado fisiológico de susceptibilidad adecuado para el ataque. Entre los factores o sustancias que condicionan este estado fisiológico se han mencionado: la emisión por la planta de ciertos aceites volátiles (5) los que tienen propiedades específicas para atraer el insecto y el desarrollo de determi-

nados tejidos de la planta. También es obvio suponer que este estado de susceptibilidad está asociado con el tamaño y el vigor de la planta, puesto que según los datos del siguiente cuadro el ataque del insecto persiste en las plantas pequeñas (entre 25 y 50 cm de altura) establecidas en suelos arenosos lixiviado, medio donde las plantas no encuentran los suficientes elementos de nutrición.

Cuadro 5. Relación del ataque de *H. grandella* (%) con la altura (m) de las plantas y el tipo de suelo para dos períodos de observación en el enriquecimiento. (Fecha de plantación: Febrero 1971). Parcelas II/1.

| Altura (m)          | 19 de enero de 1972 |      |      |      |      |      |      | 20 de noviembre de 1972 |      |      |      |      |      |     |
|---------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|-------------------------|------|------|------|------|------|-----|
|                     | I                   |      | II   |      | III  |      |      | II                      |      | II   |      | III  |      |     |
|                     | A                   | B    | A    | B    | A    | B    | C    | A                       | B    | A    | B    | A    | B    | C   |
| 0,5                 | 12,7                | 8,0  | 1,9  | 0,6  | 0,4  | 2,4  | 11,0 |                         | 13,8 |      |      |      |      | 14  |
| 1,0                 | 57,1                | 21,5 | 63,2 | 15,5 | 26,4 | 45,1 | 82,1 | 18,0                    | 45,3 | 1,8  | 21,1 | 2,9  | 35,0 | 101 |
| 2,0                 | 0,5                 | 0,2  | 15,5 | 1,9  | 7,1  | 17,2 | 19,3 | 9,3                     | 6,6  | 7,8  | 32,5 | 8,4  | 24,9 | 64  |
| 3,0                 | ---                 | ---  | 1,3  | ---  | 0,2  | 1,3  | ---  | 3,8                     | 1,0  | 10,2 | 10,8 | 7,5  | 7,5  | 19  |
| 4,0                 | ---                 | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | 0,3                     | ---  | 6,6  | 0,6  | 4,5  | 1,1  | 2   |
| 5,0                 | ---                 | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | 1,0                     | ---  | 5,5  | ---  | 2,5  | ---  | --- |
| 6,0                 | ---                 | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | 0,7                     | ---  | 3,0  | ---  | 3,8  | ---  | --- |
| 7,0                 | ---                 | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---  | ---                     | ---  | ---  | ---  | 0,9  | ---  | --- |
| Total               | 70,3                | 29,7 | 81,9 | 18,0 | 34,1 | 66,0 |      | 33,1                    | 66,7 | 34,9 | 65,0 | 31,5 | 68,5 |     |
| Mortalidad (%)      | 17,3                |      | 16,4 |      | 17,8 |      |      | 37,8                    |      | 37,5 |      | 36,8 |      |     |
| Total plantado      |                     | 496  | 426  |      |      | 567  |      | 496                     |      | 426  |      | 567  |      |     |
| Total plantas vivas |                     | 410  | 356  |      |      | 466  |      | 308                     |      | 266  |      | 358  |      |     |

Observaciones:

I = Suelo arenoso lixiviado (domo de colina), excesivamente drenado (pseudopodsol).

II = Suelo hidromórfico (pseudogley).

III = Suelo ferralítico, profundo y bien drenado (pendiente de colina).

A = Porcentaje de plantas sin ataque, por clase de altura.

B = Porcentaje de plantas atacadas por clase de altura.

C = Porcentaje de plantas atacadas para todos los tipos de suelo.

b. La máxima intensidad del ataque se presenta a los dos años. Este aspecto aparentemente está relacionado con la cantidad de luz que reciben las plantas porque en esta etapa las plantas ofrecen los mayores alargamientos del tallo por efecto de la dosificación de la luz en las fajas. Sólo así podría explicarse la máxima intensidad del ataque bajo las condiciones de campo abierto, que ocurre a una edad más temprana que en el enriquecimiento (Figura 3).

c. Existe una estrecha relación entre la altura de las plantas y la altura de vuelo del insecto, expresado por la máxima intensidad del ataque, la cual es independiente del tipo de suelo. En términos generales, se puede fijar esta altura entre 1 y 2 metros. Este resultado, concuerda con la altura de vuelo de 1,5 m encontrado por Grijpma (5) mediante procedimientos artificiales bajo las condiciones de campo abierto. Esto indica, que la altura de vuelo es independiente del método silvicultural. El límite

extremo del ataque alcanza hasta los 7 m de altura, donde los daños son menos aparentes.

- d. La reacción de las plantas al ataque, se produce más rápidamente en los sitios más favorables para el crecimiento, aproximadamente a los 2 años, (ladera y pie de colinas), mientras que en los suelos arenosos, esta recuperación es más lenta, por las condiciones de alimentación desfavorables para el crecimiento continuo de las plantas. Es probable que en los sitios buenos exista una marcada tendencia del insecto hacia los individuos débiles que se encuentran en las clases inferiores del tamaño en altura.
- e. La elevada proporción de la mortalidad se debe: mayormente a la caída de los árboles envenenados, a la supresión de algunos grupos de plantas, a la insuficiente dosificación de la luz y secundariamente a los ataques repetidos del insecto en los individuos débiles.

## 2. Susceptibilidad y resistencia de los árboles de *Cedrela*

El problema de la reacción natural de las plantas de *Cedrela* al ataque de *Hypsipyla*, no ha sido hasta la fecha enfocada seriamente. Aparentemente en este asunto intervienen dos fenómenos estrechamente ligados entre sí: la causa del estado fisiológico de susceptibilidad (tejidos tiernos por el mayor contenido de agua de las células del parénquima y emisión de aceites volátiles de atracción), y la causa del efecto contrario para la resistencia debido al aumento del vigor de la planta, fisiológicamente explicada por la diferenciación de los tejidos del parénquima que se manifiesta por el engrosamiento de las paredes celulares y consecuentemente disminución de aceites volátiles de atracción.

En el estado fisiológico de susceptibilidad, ocurre una explosión de la población de insectos, debido a que existen las condiciones favorables de alimentación para la plaga. Ahora bien, si se relaciona este fenómeno con la edad de las plantas, veremos que el máximo de la fase eruptiva se produce en el segundo año (Cuadro 3 y 4, Figura 3). A partir de esta edad el ataque disminuye gradualmente hasta el momento en que las plantas en estado de recuperación de los ataques, alcanzan el vigor necesario para continuar creciendo, aún cuando persista el ataque. Esto significa que la explosión de *H. grandella* está circunscrito a un período cíclico definido (3-4 años) condicionado por factores favorables y no favorables a la plaga y al huésped. Solo de esta manera, se puede explicar el fenómeno de recuperación observada en las parcelas experimentales de *Cedrela* establecidas bajo condiciones ambientales diferentes (Fig. 4). Los resultados de la parcela I/10-D (Cuadro 6) nos proporcionan una imagen más clara sobre la evolución del ataque con el tiempo y la recuperación gradual de los árboles del rodal. En esta

parcela, las condiciones del suelo son favorables para el crecimiento de los árboles (suelo franco arenoso, profundos con buen drenaje interno, pendiente inferior y pie de colina). El despegue del dosel de copas se efectúa en un período de 3 años, de manera que los árboles reciben iluminación completa (vertical y lateral). Del análisis de estos datos, se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

1. Existe una relación estrecha entre la intensidad del ataque y la recuperación de los árboles con la edad. La epidemia, alcanza su máximo en el segundo año y disminuye fuertemente a los 4 años.
2. Hay una relación directa entre el grado de infestación en los siguientes niveles:
  - a. Infestación fuerte: más del 50 por ciento de plantas afectadas, ocurre cuando éstas tienen entre 0,50 y 2,49 metros de altura.
  - b. Infestación moderada: 25 por ciento — 50 por ciento de plantas atacadas, ocurre entre 2,50 — 3,49 metros de altura.
  - c. Infestación leve: menos del 25 por ciento de plantas atacadas, para todos aquellos individuos que tienen una altura superior a 3,50 m.
3. Desde el momento de que hay una estrecha relación entre el diámetro y la altura para medir el crecimiento de un rodal, también es posible usar estos dos parámetros para medir el vigor de las plantas que han reaccionado al ataque. Tal hecho, se puede observar con más claridad en la Figura 4 que ofrece la relación que existe entre la proporción del ataque y el tamaño del árbol, ya sea en altura o en el diámetro (a una edad de 4 años). El uso de estos dos patrones tiene importancia básica para fijar las decisiones de saneamiento, una vez que las plantas han alcanzado el estado fisiológico de resistencia. Tal es así, que basándose en los datos de la Figura 4, se fijaron los tamaños mínimos de altura y diámetro para efectuar el primer aclareo de los grupos de plantación de la parcela I/10-D.
3. Reacción de las plantas según los métodos de plantación

De los resultados anteriores, podemos concluir que la capacidad de los árboles de *Cedrela* para mantener sus funciones fisiológicas vitales durante el ataque de las larvas de *Hypsipyla grandella*, y la reacción de los mismos con el transcurso del tiempo, representan las bases fundamentales para el control indirecto de la peste, mediante el uso de medidas silviculturales puestas en práctica según la naturaleza ecológica de la especie, que les permita mantener su vitalidad y condiciones de resistencia en el conjunto del rodal. Claramente se comprende que estas medidas no buscan la mortalidad de las larvas de los insectos, sino más bien aceptan el daño como un factor secundario en la formación del rodal.

Cuadro 6. Relación de la recuperación de las plantas atacadas por *Hypsipyla grandella*, con la edad. Parcela I/10-D. Fecha de plantación: Mayo de 1968.

| Altura<br>(m)               | Clase de<br>altura<br>(m) | Proporción de Plantas Libres e Infestadas |             |                |             |             |             | Todos |      |
|-----------------------------|---------------------------|---|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------|------|
|                             |                           | Febrero 1970                              |             | Diciembre 1971 |             | Nov. 1972   |             | A     | B    |
|                             |                           | A   | B           | A              | B           | A           | B           |       |      |
| 1                           | 0,50 - 1,49               | 17,1                                      | 37,3        | 3,3            | 13,0        | 1,0         | 3,8         | 21,6  | 58,2 |
| 2                           | 1,50 - 2,49               | 11,1                                      | 25,3        | 5,0            | 19,6        | 4,1         | 7,3         | 20,3  | 52,3 |
| 3                           | 2,50 - 3,49               | 5,4                                       | 3,6         | 5,3            | 16,4        | 5,7         | 1,9         | 16,5  | 27,9 |
| 4                           | 3,50 - 4,49               |   |             | 5,3            | 8,4         | 8,4         | 10,9        | 13,6  | 19,4 |
| 5                           | 4,50 - 5,49               |   |             | 5,3            | 4,3         | 8,2         | 6,8         | 13,6  | 11,2 |
| 6                           | 5,50 - 6,49               |   |             | 3,6            | 3,3         | 9,5         | 1,9         | 13,5  | 5,3  |
| 7                           | 6,50 - 7,49               |   |             | 0,9            | 0,9         | 6,8         | 1,0         | 7,8   | 1,9  |
| 8                           | 7,50 - 8,49               |   |             | 1,2            | 0,7         | 6,0         | 0,5         | 7,2   | 1,3  |
| 9                           | 8,50 - 9,49               |   |             | 1,4            | —           | 4,6         | —           | 6,1   | —    |
| 10                          | 9,50 - 10,49              |   |             | 0,7            | —           | 3,0         | —           | 3,7   | —    |
| 11                          | 10,50 - 11,49             |   |             | 0,2            | —           | 1,9         | —           | 2,2   | —    |
| 12                          | 11,50 - 12,49             |   |             | 0,2            | —           | 1,9         | —           | 2,2   | —    |
| 13                          | 12,50 - 13,49             |   |             |                |             | 1,6         | —           | 1,6   | —    |
| 14                          | 13,50 - 14,49             |   |             |                |             | 1,0         | —           | 1,0   | —    |
| 15                          | 14,50 - 15,49             |   |             |                |             | 0,3         | —           | 0,3   | —    |
| <b>Total</b>                |                           | <b>33,7</b>                               | <b>66,2</b> | <b>32,8</b>    | <b>67,0</b> | <b>64,5</b> | <b>34,3</b> |       |      |
| <b>Total plantas vivas:</b> |                           | <b>567</b>                                |             | <b>542</b>     |             | <b>356</b>  |             |       |      |

A = porcentaje de plantas sin ataque

B = porcentaje de plantas atacadas

El control de esta peste, por medio de prácticas silviculturales ha sido sugerida por muchos investigadores (3, 4, 7, 9, 15), entre estas medidas se han sugerido, la plantación en suelos favorables (en arcilla calcárea), en terrenos bien drenados, el uso de paredes laterales de protección y algunas opiniones son claramente contradictorias al respecto, como por ejemplo el uso de la sombra y la plantación mixta. Se comprende claramente que estas sugerencias representan apenas un enfoque parcial del problema en sí, porque ninguno toma en cuenta la verdadera naturaleza de la relación: susceptibilidad y resistencia de la planta, cuando ella se encuentra en las condiciones ambientales apropiadas de suelo y luz. Si aceptamos esta argumentación como una realidad basada en las observaciones de las parcelas experimentales. Cuáles son los límites de estas prácticas silviculturales ?

Con este propósito, se presenta en el Cuadro 7, un resumen sobre el comportamiento, expresado en el crecimiento en altura, de *Cedrela angustifolia*, bajo diferentes métodos de plantación, que están siendo usadas en

escala experimental en el área de Mapane. En la comparación de estos métodos, no se consideran los tratamientos extremos de la regeneración natural y a campo abierto por las limitaciones anotadas anteriormente. Del análisis de estos datos, empíricamente se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- 1) Esta especie se comporta mejor en rastrojo quemado, previa deforestación, con espaciamento amplio con la finalidad de dejar crecer entre las hileras (orientadas E - O) la maleza secundaria, que al cabo de poco tiempo formarán las paredes laterales de protección y para el estímulo del crecimiento vertical. Este método (parcela II/5-C) tiene la ventaja de que las plantas alcanzan el vigor necesario en poco tiempo. El crecimiento en altura es extraordinario (promedio anual: 3,0 m). Las plantas susceptibles al ataque de *H. grandella*, reaccionan rápidamente. Otra ventaja es la escasa mortalidad por efecto de daños mecánicos. Tiene la desventaja del costo de preparación del terreno.

Cuadro 7. Resumen de datos del comportamiento de *Cedrela angustifolia* en diferentes métodos de plantación – Mapane.

| Clase de Rango<br>Altura<br>(m) | Número de Árboles por Parcela |          |        |          |        |          |       |        |        |        |       |        |   |
|---------------------------------|-------------------------------|----------|--------|----------|--------|----------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|---|
|                                 | II/5-A                        |          | II/5-B |          | II/5-C |          | I/9-C |        | I/10-D |        | III/1 |        |   |
|                                 | A                             | B        | A      | B        | A      | B        | A     | B      | A      | B      | A     | B      |   |
| 1                               | 0,50 – 1,49                   | 45       | 3      | 28       | 2      | 6        | –     | 2      | 18     | 4      | 14    | –      | – |
| 2                               | 1,50 – 2,49                   | 25       | 2      | 30       | 3      | 8        | 1     | 10     | 30     | 15     | 27    | –      | – |
| 3                               | 2,50 – 3,49                   | 12       | –      | 20       | 1      | 8        | 1     | 13     | 18     | 21     | 40    | –      | – |
| 4                               | 3,50 – 4,49                   | 8        | –      | 7        | –      | 9        | 1     | 11     | 3      | 31     | 25    | –      | – |
| 5                               | 4,50 – 5,49                   | 1        | –      | 3        | –      | 12       | –     | 8      | 1      | 30     | 7     | –      | – |
| 6                               | 5,50 – 6,49                   | 2        | –      | 2        | –      | 15       | –     | 5      | –      | 35     | 4     | 1      | 1 |
| 7                               | 6,50 – 7,49                   |          |        | 1        | –      | 18       | –     | 4      | –      | 25     | 2     | 7      | – |
| 8                               | 7,50 – 8,49                   |          |        |          |        | 12       | –     | 3      | –      | 22     | –     | 3      | – |
| 9                               | 8,50 – 9,49                   |          |        |          |        | 5        | –     | 4      | –      | 17     | –     | 5      | – |
| 10                              | 9,50 – 10,50                  |          |        |          |        |          |       | 1      | –      | 11     | –     | 5      | – |
| 11                              | 10,50 – 11,49                 |          |        |          |        |          |       |        |        | 7      | –     | 4      | – |
| 12                              | 11,50 – 12,49                 |          |        |          |        |          |       |        |        | 7      | –     | 1      | – |
| 13                              | 12,50 – 13,49                 |          |        |          |        |          |       |        |        | 6      | –     | 1      | – |
| 14                              | 13,50 – 14,49                 |          |        |          |        |          |       |        |        | 4      | –     |        |   |
| 15                              | 14,50 – 15,49                 |          |        |          |        |          |       |        |        | 1      | –     |        |   |
| Total plantas                   |                               | 93       | 5      | 91       | 6      | 93       | 3     | 61     | 70     | 239    | 126   | 28     | 1 |
| Total plantado                  |                               | 100      |        | 100      |        | 100      |       | 150    |        | 521    |       | 29     |   |
| Edad                            |                               | 22 meses |        | 22 meses |        | 22 meses |       | 3 años |        | 4 años |       | 4 años |   |

A = Plantas sin ataque  
B = Plantas atacadas

- 2) El método de plantación en líneas en el bosque secundario, una vez que la masa forestal ha sido removida por la explotación, de tal suerte que las plantas introducidas no estén expuestas al daño mecánico de ramas caídas, ofrece buenas posibilidades para el cultivo de esta especie, principalmente si no hay perturbación del suelo forestal (parcela II/5-B) consiguiéndose un mejor crecimiento en altura. La apertura de fajas mecánicamente (parcela II/5-A) para disminuir los costos de operación tiene la desventaja de que se remueven las capas superiores del suelo, con el consiguiente retraso en el crecimiento. Las posibilidades del ataque del insecto son las mismas para ambos métodos.
- 3) El método de plantación por enriquecimiento del bosque alto explotado, ofrece, al igual que los métodos anteriores, la ventaja de un ambiente favorable para el crecimiento de las plantas introducidas, cuando éstas han sido establecidas previa zonificación de los sitios y una adecuada dosificación de la luz. Son económicamente factibles. La mortalidad elevada conseguida en este método es posible disminuirla a un nivel tolerable, adelantando el enve-

namiento de la masa forestal con 2-3 años a la plantación (programación a largo plazo).

- 4) La plantación de *Cedrela* en camellones quemados (Parcela III/1), que son restos de material leñoso apilado y quemado junto con el arrastre de la materia orgánica, tiene el mismo efecto en el crecimiento de las plantas que el método 1. Sólo que este caso, el área de plantación depende del tamaño de las deforestaciones para otras especies y también existe el inconveniente en la formación de paredes laterales.

Una condición básica para el éxito de cualquiera de los métodos señalados anteriormente, es la aplicación de un mantenimiento intensivo a la plantación durante los primeros 4 años. A esto cabe agregar, el empleo de prácticas de podas ligeras en los casos de formación de dos o más brotes terminales por efecto del ataque de *Hypsipyla grandella*, dejando un solo líder para que continúe con el crecimiento vertical. Al respecto se ha observado, que no es muy aconsejable eliminar el brote afectado por la larva, porque la planta por muy vigorosa que sea, pierde tiempo en cerrar la herida y tiende a la formación de brotes laterales incluso a lo largo del tallo.

## RESUMEN

Muchos estudios se han realizado en la zona tropical, para resolver el problema de la silvicultura de *Cedrela* y otras Meliáceas latinoamericanas. Sin embargo, todos los esfuerzos para cultivarla económicamente han fracasado por una indebida interpretación de la naturaleza ecológica de la especie, y en parte por el daño de *Hypsipyla grandella* Zeller.

El presente estudio compara el comportamiento de *Cedrela angustifolia* Sesse, en el método silvicultural del enriquecimiento del bosque alto tropical con otras técnicas silviculturales alternativas.

Los datos provisionales sobre los crecimientos (altura y diámetro), indican que esta especie responde satisfactoriamente a la estratificación de la calidad del sitio y la dosificación de la luz. Se estima un rendimiento probable de 150 – 270 m<sup>3</sup>/ha en un turno comercial de 35 años, basado en los datos del crecimiento diametral de 7 años.

Se ha encontrado que la susceptibilidad y la resistencia de las plantas de *Cedrela* al ataque de *H. grandella*, depende del vigor de las mismas, las que están condicionadas por el tipo de suelo y el grado de iluminación. Bajo condiciones ambientales adecuadas, la reacción de las plantas al daño del barrenador se produce en corto tiempo (3-4 años), una vez que las plantas han alcanzado 7 metros de altura y 6 cm de diámetro. Se hace destacar la necesidad de realizar un mantenimiento intensivo en los primeros años y la aplicación de prácticas de poda en los individuos vigorosos para fomentar el crecimiento vertical de un solo brote terminal.

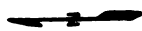
Se discute las desventajas del manejo de *Cedrela* en plantaciones de campo abierto y bajo el método de la regeneración espontánea.

Con este trabajo se pretende aportar puntos de vista que puedan servir para una evaluación más racional de las prácticas silviculturales de *Cedrela* como control indirecto de *H. grandella* y aceptar su daño como un factor secundario en la formación de rodales resistentes.

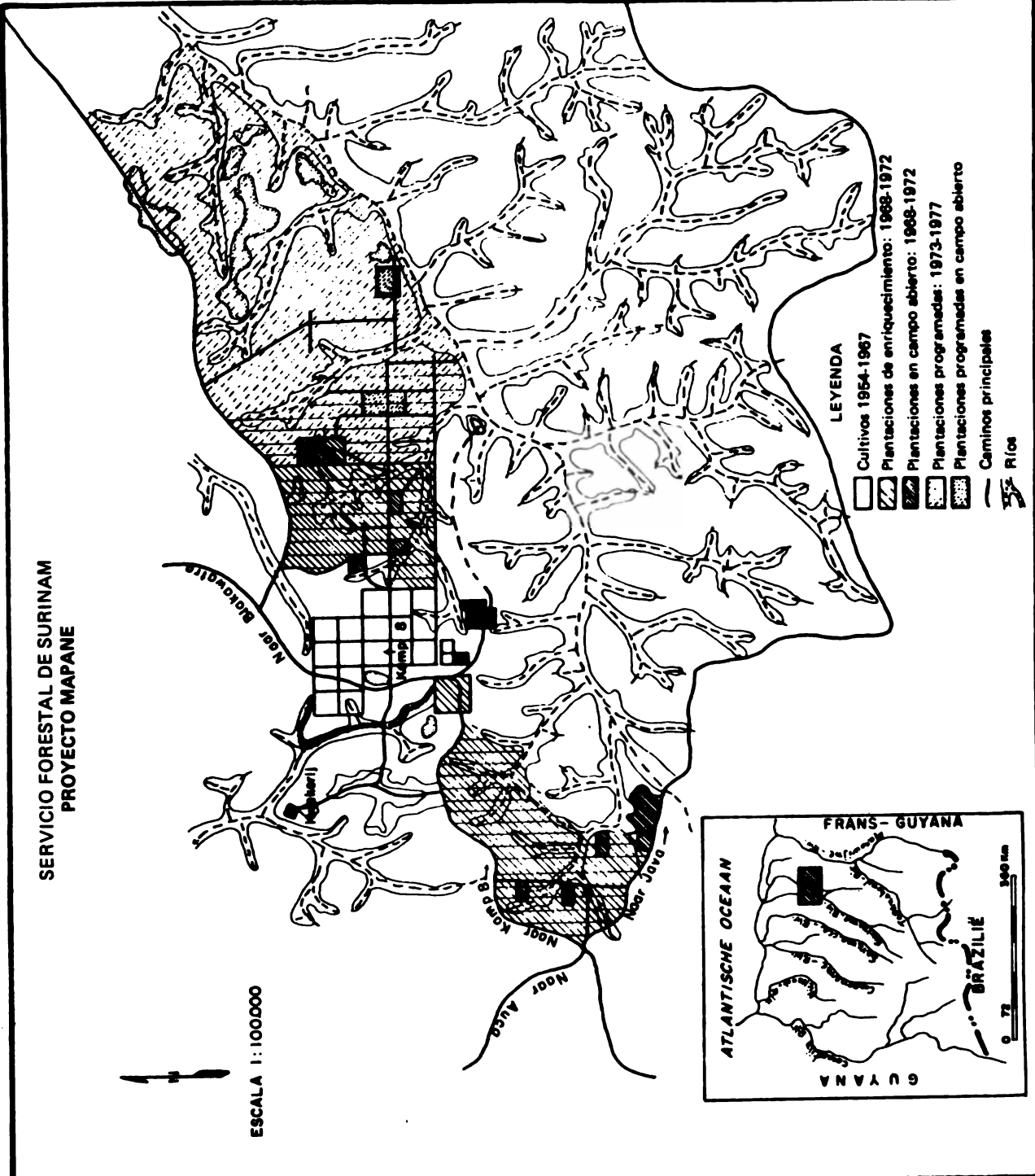
## Referencias

1. ALLAN, G. G., GARA, R. I., WILKINS, R. M. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* Zeller. III. Evaluation of some systemic insecticides for the control of larvae in *Cedrela odorata* L. Turrialba 20(4):478-487. 1970.
2. BEARD, J. S. Summary of silvicultural experience with cedar (*Cedrela mexicana* Roem) in Trinidad. The Caribbean Forester 3(3):91-102. 1942.
3. FORS, A. J. Notas sobre la silvicultura del cedro (*Cedrela mexicana* Roem) The Caribbean Forester 4(2):77-80. 1944.
4. HOLDRIDGE, L. R. Comments on the silviculture of *Cedrela*. The Caribbean Forester 4(2):77-80. 1943.
5. GRIJPMAN, P. and GARA, R. I. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* Zeller. I. Host selection behaviour. Turrialba 20(2):233-240. 1970.
6. ————. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* Zeller. II. Host preference of the larva. Turrialba 20(2):241-247. 1970.
7. MARSHALL, R. C. Silviculture of the trees of Trinidad and Tobago. London, Oxford University Press. 1939.
8. LAMB, A. F. A. Especies maderables de crecimiento rápido en la tierra baja tropical: *Cedrela odorata* L. Boletín 30-31: 15-59. 1969. IFLA. Mérida, Venezuela.
9. LAMB, B. F. Mahogany of tropical America. Its ecology and management. The University of Michigan Press. 1966. 220 p.
10. RAMIREZ SANCHEZ, J. P. Investigación preliminar sobre biología, ecología y control de *Hypsipyla grandella* Zeller. Boletín 16:54-77. 1964. IFLA. Mérida, Venezuela.
11. ROOVERS, M. Observaciones sobre el ciclo de vida de *Hypsipyla grandella* Zeller, en Barinitas, Venezuela. Boletín 38:3-46. 1971. IFLA. Mérida, Venezuela.
12. SCHULZ, J. P. Ecological studies on rain forest in Northern Surinam. The vegetation of Suriname 2. Verhand. Kon. Ned. Akad. Wetensch. Afd. Natuurk. Ser. 2, 53:1. 1960. 267 p.
13. ———— y RODRIGUEZ, P. Plantaciones forestales en Surinam. Revista Forestal Venezolana, IX(14):5-36. 1966.
14. STARK, N. The nutrient content of plants and soils from Brazil and Surinam. Biotropica 2(1):51-60. 1970.
15. TILLMANN, H. J. Apuntes bibliográficos sobre *Hypsipyla grandella* Zeller, Boletín 14:82-92. 1964. IFLA. Mérida, Venezuela.
16. WIERSUM, K. F. Lichtmetingen in diverse vegetaties in bosbouwcultures. Centrum voor Landbouwkundig Onderzoek in Suriname (CELOS). 1970. 25 p.

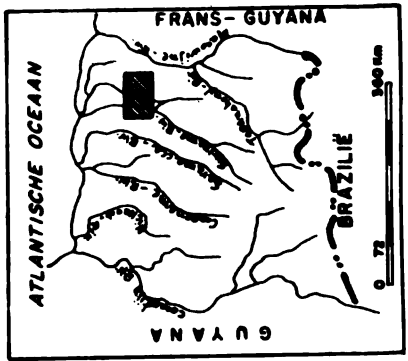
SERVICIO FORESTAL DE SURINAM  
 PROYECTO MAPANE



ESCALA 1:100000



- LEYENDA
- Cultivos 1964-1967
  - Plantaciones de enriquecimiento: 1968-1972
  - Plantaciones en campo abierto: 1968-1972
  - Plantaciones programadas: 1973-1977
  - Plantaciones programadas en campo abierto
  - Caminos principales
  - Ríos





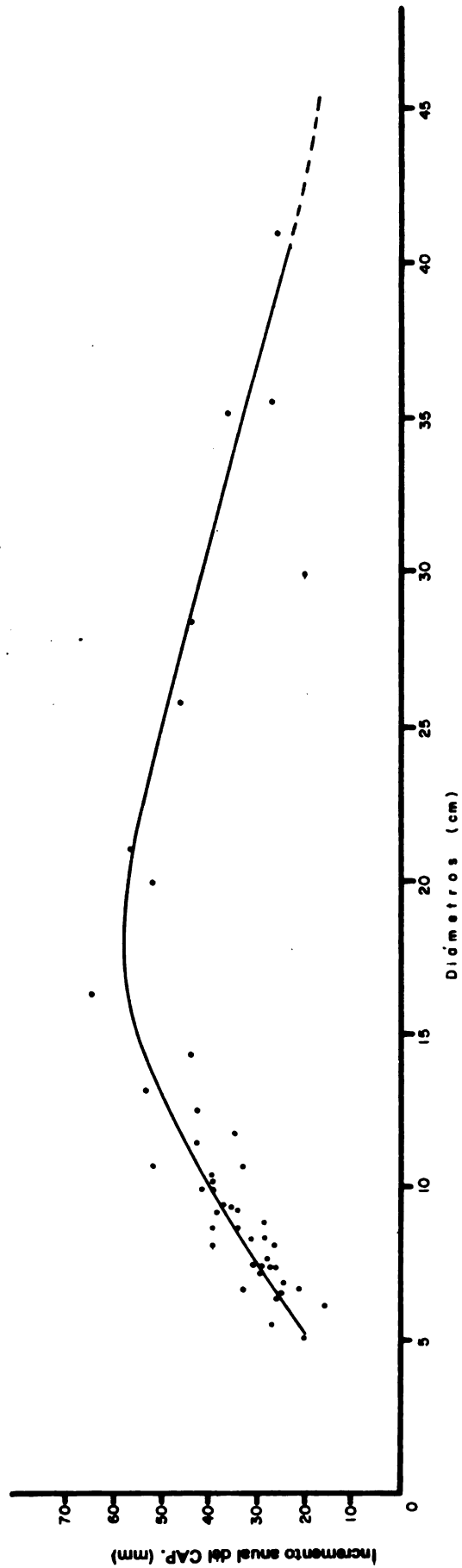


Fig. 1. Incremento anual por clases diamétricas para *Cecrela odorata*, a base de 7 años de mediciones en Mapane

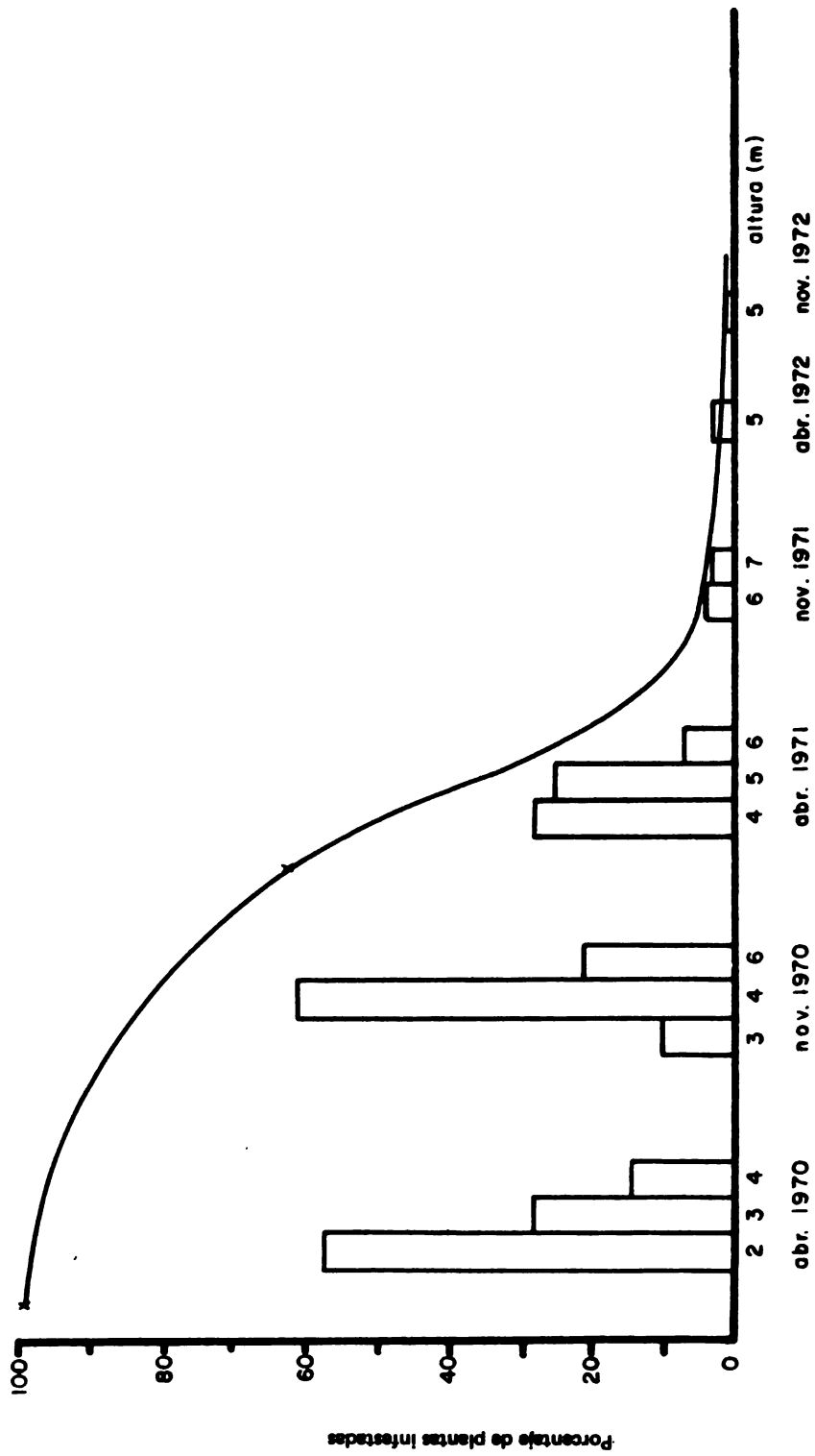


Fig. 2. Porcentaje de infestación de *Hypsipyle* en *Cedrele angustifolia*, plantada en campo abierto sobre camellones en mayo 1968, con relación a la altura. Mapeña (Bloque III/1). La curva representa la infestación total para cada período de observación.

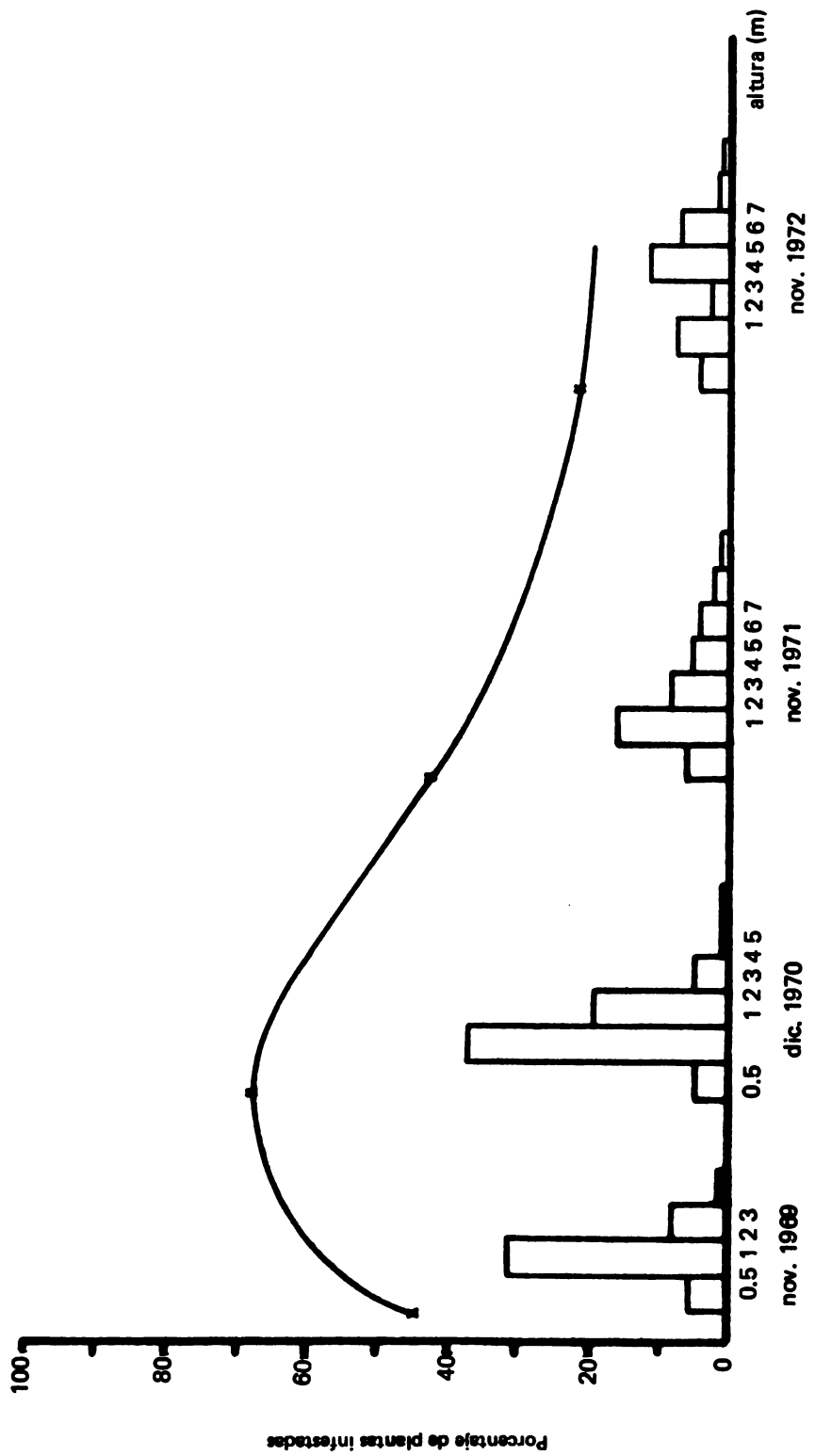


Fig. 3. Porcentaje de infestación con *Hypsipyla* en *Cedrela angustifolia*, plantada en líneas bajo cubierta, en mayo 1968 (Bloque I/10-D), con relación a la altura.

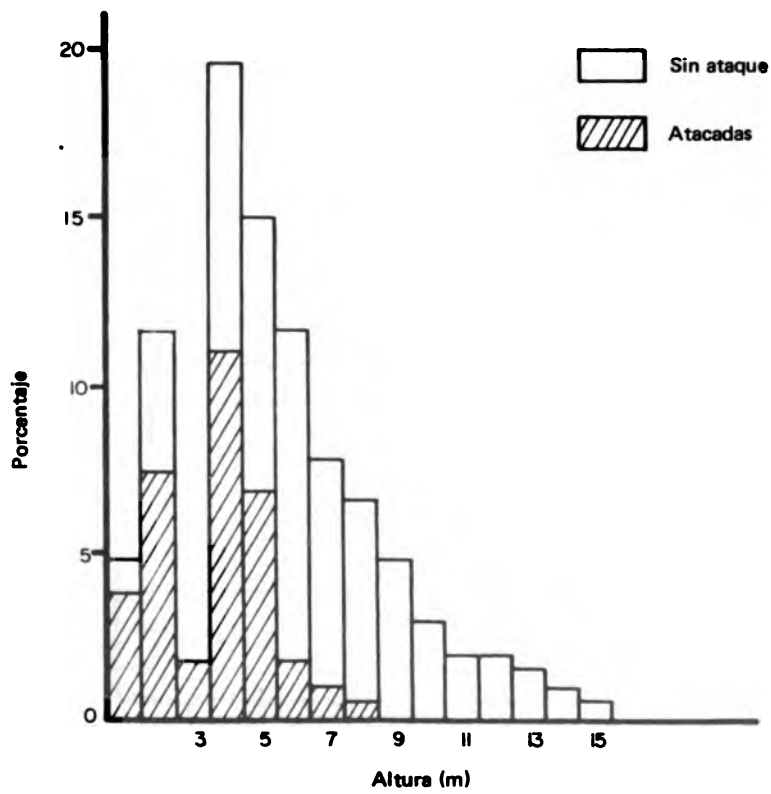
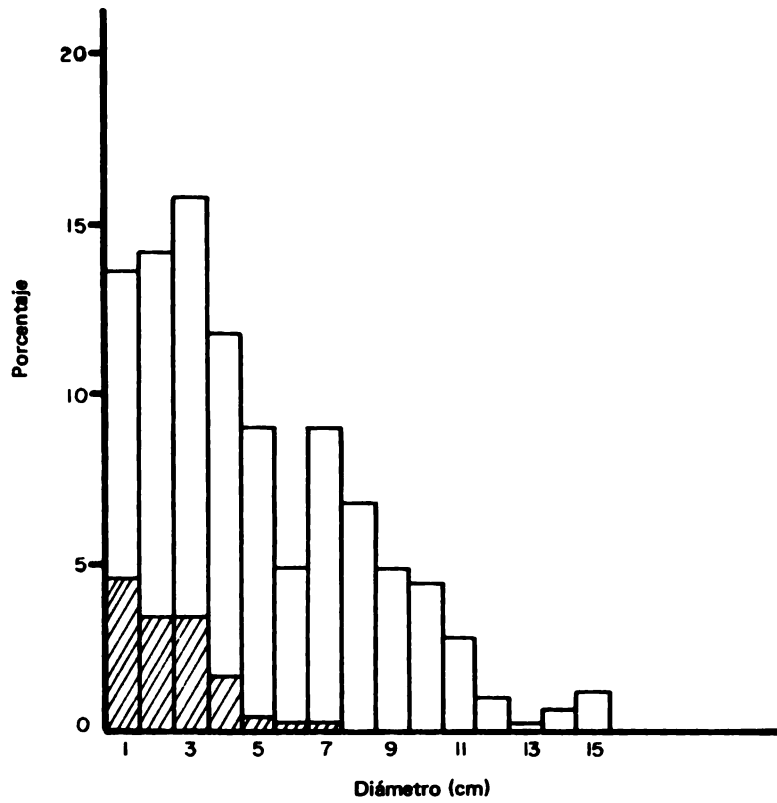
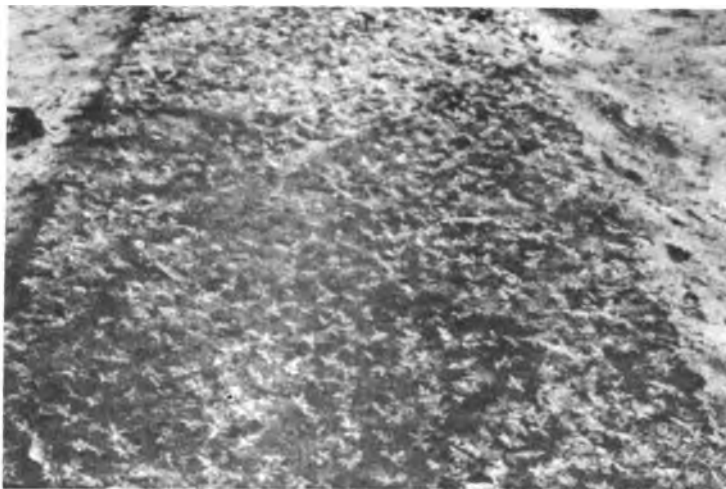


Fig. 4. Proporción de plantas afectadas por *Hypsipyla grandella* con relación al diámetro y a la altura de plantas vivas en un rodal de *Cedrela angustifolia* (edad: 4 años)



**Fig. 5.** Semillero de *Cedrela angustifolia*. Las plántulas están listas para el trasplante a envases de papel asfáltico. Vivero de Cassipora. Mapane, Surinam.



**Fig. 6.** Plántulas de *Cedrela angustifolia* trasplantadas en envases de papel asfáltico (tamaño del envase: 5 cms x 15 cms) Vivero de Cassipora. Mapane, Surinam.



Fig. 7.<sup>a</sup> Parcela de *Cedrela angustifolia*, en terreno quemado, 18 meses de edad. El mantenimiento se hace en fajas dejando crecer la masa entre ellas. Las plantas están libres del ataque de *Hypsipyla grandella*. Bloque 11/5, Mapane, Surinam.

Fig. 7.<sup>b</sup> Parcela de *Cedrela angustifolia*, 4 años de edad. Plantación de enriquecimiento del bosque tropical alto. Nótese la plantación en grupos dentro las fajas (3 árboles por grupo). En los primeros años las plantas fueron severamente atacadas por *Hypsipyla grandella*. A esta edad es conveniente hacer el primer raleo del grupo. Bloque 1/10:d, Mapane, Surinam.





**Fig. 8.** Parcela de *Cedrela angustifolia* en campo abierto, 18 meses de edad. Obsérvese a la derecha los tallos deshojados de plantas atacadas por *Hypsipyla grandella*. Bloque 11/5, Mapane – Surinam.



**Fig. 9.** Vista del brote de *Cedrela angustifolia*, atacada por el barrenador, *Hypsipyla grandella*. Plantación en campo abierto. Bloque 11/5, Mapane – Surinam.

**REPELLENT AND/OR FEEDING-DETERRENT  
CHEMICALS IN TREE TISSUES AS  
BASES FOR TREE  
RESISTANCE TO INSECT PESTS\***

*Dale M. Norris*

Department of Entomology  
University of Wisconsin, Madison

**COMPENDIO**

Basado en trabajos previos sobre los escarabajos *Scolytus spp.*, mineros de la corteza, este artículo describe e interpreta la experimentación sobre las bases químicas del árbol no-huésped que rechaza al insecto. Los detalles de las técnicas para pruebas en vivo, preparación de extractos crudos del tejido de la corteza, y fraccionamiento de extractos crudos con bencina están resumidos en la sección de métodos y materiales del artículo.

Se encontró que el "Juglone" de *Carya spp.* repele al *Scolytus multistriatus*, escarabajo que ataca el *Ulmus americana*, pero no repele al *S. quadrispinosus*, especie que ataca el *Carya spp.* *S. quadrispinosus* aparentemente ha co-evolucionado con su árbol huésped, *Carya spp.* y no es afectado por las concentraciones de "Juglone" encontradas naturalmente en *Carya spp.*

Este artículo se ofrece como guía para posibles estudios semejantes sobre *Hypsipyla*.

**Introduction**

Norris and Baker (1) summarized our research group's understanding of healthy host tree selection (acceptance) by *Scolytus spp.* bark beetles. Key points of these past findings are: a) in-flight *Scolytus* beetles disperse into the edge of the crown of healthy host and non-host species in comparable numbers under comparable environmental conditions (2, 3, 4); and b) that such beetles are arrested and stimulated to feed in healthy host species by a combination of physical (2, 3, 4) and chemical (5, 1) stimuli. Subsequent studies have shown that dominant repellent and/or feeding-inhibitory chemicals in healthy non-host trees keep the beetles from alighting and feeding in non-host trees. If these dominant "negative messenger" chemicals are removed from extracts of non-host tissues, *Scolytus* beetles will then feed vigorously on the remaining extracted chemicals. Thus, non-host trees also contain very significant amounts of "positive messenger" chemical stimuli, but the effects of these on the behavior of the insects are

normally masked by the dominant negative messenger(s) in the healthy non-host tree. Experiments that demonstrated these aspects of the chemical bases for insect rejection of the non-host tree are partially described and interpreted in this paper.

**Methods and Materials**

**Bioassays**

The insect bioassay of extracts and pure chemicals from tree tissues was similar to that detailed by Norris and Baker (1). Treatment solutions and solvent controls were uniformly applied to elderberrypith discs which served as the physical substrate on which the adult beetles could feed within the assay arena (a standard size petri dish).

In each replicate of a treatment, 25 beetles could choose between a treated disc versus a solvent-treated control disc within the arena. Each assay was run for 48 hours in darkness at 28°C. Ranges of concentrations of each treatment were assayed under uniform conditions.

\* Proceedings First Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*, IICA-CTEI (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 1973



### Preparation of Crude Tissue Extracts

Bark and phloem of healthy trees were collected, weighed, and ground fresh in benzene (10 ml/g of fresh tissue) using a heavy-duty spark-proof Waring Blender.

### Fractionation of Crude Benzene Extracts

The crude benzene extracts of a non-host hickory, *Carya* sp., were initially separated using preparatory thin-layer chromatography. A solvent system of Skellysolve B-diethyl ether-acetone (5:4:1) was used with a silica gel "H" adsorbent.

Bands were scraped from these preparatory plates, and each removed band was eluted successively with 50 ml of acetone and 50 ml of cold 95 percent ethyl alcohol.

The crude benzene extracts also were fractionated by using a Sweep co-distiller (Kontes, Franklin Park, Illinois). The columns of the co-distiller were uniformly packed with Pyrex glass wool. Samples of 30 mg of crude extract per 0.5 ml of chloroform were injected on a column maintained at 120°C. High-purity, dry nitrogen was forced through each column at 0.6 liters/minute. Each column was subsequently washed 15 times

with 0.5 ml of chloroform at 3-minute intervals. Each distillate fraction was trapped, and taken to dryness on a vacuum roto-evaporator at 40°C,

Distillate fractions from the co-distiller were further purified by adsorption-column chromatography. The adsorbent was column-grade silica gel (0.05 – 0.20 mesh) with an eluting solvent system of Skellysolve B-diethyl ether-acetone-acetic acid (50:40:10:1).

Infrared spectra of biologically active pure chemicals were obtained using a Beckman IR. Spectrophotometer Model IR-5A.

### Results and Discussion

For detailed findings from these types of studies please see (6-11). Our most extensively studied chemical deterrent to bark beetle attack of a non-host tree is juglone (5-hydroxy-1, 4 naphthoquinone) from *Carya* spp. which is deterrent (Figure 1) to the elm bark beetle, *Scolytus multistriatus*, that feeds on elms, but non-deterrent (Figure 2) to *Scolytus quadrispinosus*, the hickory bark beetle (6, 7). The latter species thus has co-evolved with its host trees, *Carya* spp., and seems neither stimulated nor inhibited by juglone at concentrations found in host hickory tissues.

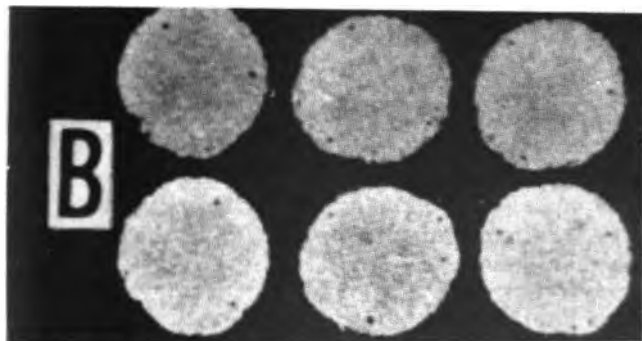


Fig. 1. Feeding responses by 25 newly emerged *Scolytus multistriatus* adults per replicate in 48 hours (treated discs are in the upper row of each set). (B) Combination treatment of 5 mg/ml of crude extract from host tissue, *Ulmus americana*, and from non-host *Carya* tissue (Treated, upper row of discs). (C) 5 mg/ml of the crude extract from host tissue, *U. americana* (Treated, upper row of discs).

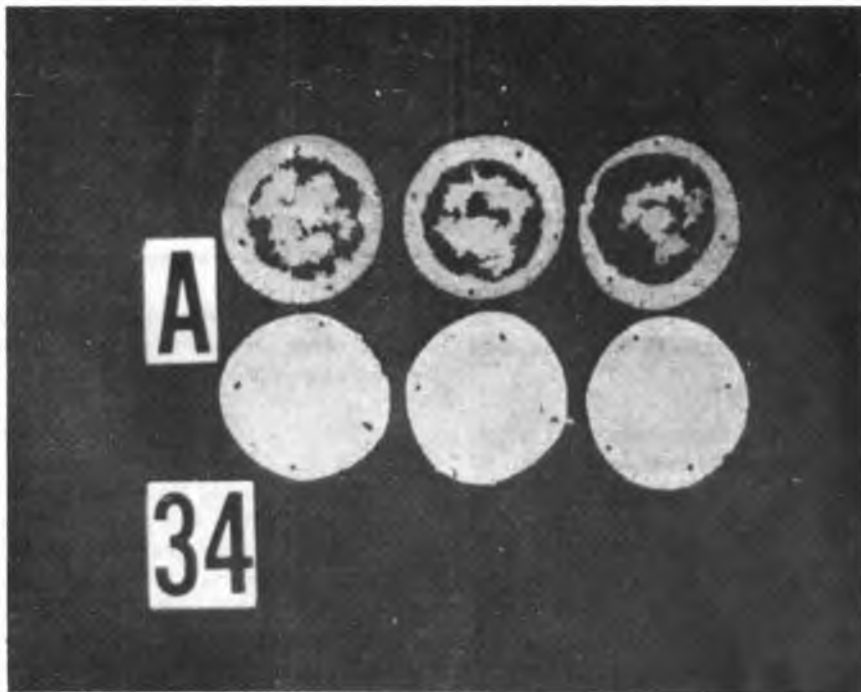


Fig. 2. Feeding response by 25 newly emerged *Scolytus quadrispinosus* adults per replicate in 48 hours (top row of discs treated with 5 mg/ml of crude extract form the host tissues, *Carya* sp.).

Juglone was isolated from *Carya* tissues by the described techniques, and was compared biologically with purchased juglone for effects on the feeding behavior of *Scolytus multistriatus*. The results are summarized in

Table 1. Feeding was inhibited comparably by commercial and our isolated juglone. The molecular structure of the isolated juglone showed the same Infrared spectrum as commercial authentic juglone (6).

Table 1. Feeding response by 25 newly emerged *Scolytus multistriatus* adults per replicate assay in 48 hours. Treated assay disc was soaked in 1 mg/ml of purified (A) commercial authentic juglone or (B) juglone isolated by us from the non-host tissues of *Carya* sp. combined with 5 mg/ml of crude extract from host *Ulmus americana*; or in (C) just in 5 mg/ml of crude extract from host *U. americana* (the positive treatment). Control discs were just soaked in solvent.

| Treatment   | Repli-<br>cates | Average mm <sup>2</sup> of disc<br>eaten per replicate |         | "t" Value | Treatment<br>rating             |
|---|-----------------|--|---------|-----------|---------------------------------|
|   |                 | Treated  | Control |           |                                 |
| (A) Commercial<br>juglone + <i>U.</i><br><i>americana</i> | 3               | 2.5  | 0       | N.S.      | Juglone is<br>highly inhibitory |
| (B) Isolated juglone<br>+ <i>U. americana</i>             | 3               | 0  | 0       | N.S.      | Juglone is<br>highly inhibitory |
| (C) <i>U. americana</i><br>(positive control)             | 3               | 47.8   | 0.2     | 37.28*    | Highly<br>Stimulatory           |

\* Significant at the 0.01 level of probability..

## References

1. NORRIS, D. M. and J. E. BAKER. Feeding responses of the beetle *Scolytus* to chemical stimuli in the bark of *Ulmus*. *J. Insect Physiol.* 13:955-962. 1967.
2. GOEDEN, R. D. and NORRIS, D. M. The behavior of *Scolytus quadrispinosus* during the dispersal flight as related to its host specificities. *Ann. Ent. Soc. Amer.* 58:249-252. 1965.
3. \_\_\_\_\_ . Some biological and ecological aspects of the dispersal flight of *Scolytus quadrispinosus*. *Ann. Ent. Soc. Amer.* 57:743-749. 1964.
4. NORRIS, D. M. In-flight dispersal and orientation of two *Scolytus* species to their host plants for ovipositional purposes. *Proc. Intern. Congr. Entomol.* 12:293. 1965.
5. BAKER, J. E. and NORRIS, D. M. Further biological and chemical aspects of host selection by *Scolytus multistriatus*. *Ann. Ent. Soc. Amer.* 61:1248-1255. 1968.
6. GILBERT, B. L. *et al.* Juglone (5-hydroxy-1, 4-naphthoquinone) from *Carya ovata*, a deterrent to feeding by *Scolytus multistriatus*. *J. Insect Physiol.* 13:1453-1459. 1967.
7. \_\_\_\_\_ and NORRIS, D. M. A chemical basis for bark beetle (*Scolytus*) distinction between host and non-host trees. *J. Insect Physiol.* 14:1063-1068. 1968.
8. BAKER, J. E. and NORRIS, D. N. Behavioral responses of the smaller European elm bark beetle, *Scolytus multistriatus*, to extracts of non-host tree tissues. *Entomol. exp. appl.* 11:464-469. 1968.
9. NORRIS, D. M. *et al.* An energy-transduction mechanism in chemo-reception by the bark beetle, *Scolytus multistriatus*. *Contrib. Boyce Thomson Inst.* 24:263-274. 1970.
10. NORRIS, D. M. Transduction mechanism in olfaction and gustation. *Nature* 222:1263-1264. 1969.
11. \_\_\_\_\_ . A hypothesized unifying mechanism in neural function. *Experientia* 27:531-532. 1971.

## MYTHS REGARDING *HYPSIPYLA* AND ITS HOST PLANTS \*

Jacob L. Whitmore

Institute of Tropical Forestry  
Río Piedras, Puerto Rico

### COMPENDIO

Nuestro trabajo con *Hypsipyla* y con las *Meliaceae* ha sido, desde hace mucho tiempo, ocultado con explicaciones no muy claras, basadas sobre investigaciones empíricas. Recientemente esta situación comenzó a cambiar, gracias en parte a los esfuerzos de los miembros del Grupo Inter-Americano de Trabajo sobre *Hypsipyla*. Sin embargo, algunas de estas explicaciones inadecuadas o incorrectas todavía amenazan influenciar nuestros trabajos y pueden hacernos llegar a conclusiones posiblemente falsas.

There are several theories or proposals regarding *Hypsipyla* and plantation of its host species that deserve much closer scrutiny than that described in the literature. For example, many workers have concluded that to avoid shootborer problems in *Meliaceae* plantations, seedlings should be kept shaded. Generally recommended are line planting or spot planting in high forest or lightly thinned forest. There are at least four comments to make regarding this idea.

First, it isn't true that the borer won't attack shaded seedlings. We need quantification studies to learn if attack is less under shade, and how much less. Two-year old seedlings planted under coffee shade trees in Puerto Rico have suffered such attack that about 50 percent of the trees are badly deformed.

Second, in cases where attack is less or doesn't occur at all in shaded plantations, often it is due to other factors, such as density of seedlings. Usually an underplanting involves more like 50 trees per acre or fewer, rather than 300-600 as often is the case on cleared sites. For example, three years ago it was felt that the borer was an insignificant problem in St. Croix. Investigation suggested that those trees of the *Meliaceae* that were susceptible to borer attack in St. Croix were quite scattered among other species, which effectively discouraged host location by the insect.

Third, a common objection to solving the borer problem in *Cedrela* with shade is that cedar grows much more slowly in the shade, and needs full sun to reach optimum growth. This may or may not be true. The same *Cedrela* under coffee shade mentioned previously is part of a provenance trial set out on seven sites. It is the only one of the seven with such heavy shade, and is growing as well as the best two sites, much better than the worst four sites. Crop tree height averages on this site for the six provenances after one year in the field ranged from 58 to 149 cm (Turrialba source best), which is at least acceptable. However, trees on sites in full sun did no better. We need better information on what significant impact, if any, the single factor of shade has on form and rate of growth of *Cedrela*.

Fourth, it is widely assumed that solving the shootborer problem will solve the problem of *Meliaceae* plantation in the neotropics. While it may be true that the borer is the main problem with mahogany in plantations, this cannot be said regarding cedar. Experience and literature research both point to a physiological problem of a site-species-moisture nature. Usual symptoms are excellent or good growth during the 1st, 2nd, and perhaps 3rd years, followed by stagnation or mortality, accompanied by root-rot, leaf fall in the wet season, a drooping leaf, and/or enlarged lenticels. The plant seems to be gasping for air, literally. The borer is certainly a problem. However, if we solve the borer problem next week, we still are faced

\* Proceedings First Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*, IICA-CTEI (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 1973

with inability to get a cedar plantation past the 5-year establishment period.

Another example of theories which deserve closer examination: often the borer is described as an insect which kills its host plant. Although this may occur, I understand, in Costa Rica, and perhaps in northeast Argentina, generally it is not true. Most workers have found the borer to be a form problem rather than a mortality problem. Of many thousands of seedlings planted recently in Puerto Rico, we know of no case where the borer has killed a tree. Discussion with experts in tropical forestry from a dozen or more countries indicate that mortality is by far the exception, and that ruination of the tree's form is the main reason to solve the *Hypsipyla* problem.

Another such theory deals with the borer's tastes. Generally we say the American borer attacks any and only American *Meliaceae*, and the old world borer attacks any and only old world *Meliaceae*. However, in St. Croix we have observed borer attacks on *Chukrasia tabularis* from Bangladesh. On the other hand, we have found few attacks on *Swietenia mahagoni*, which while not native to Puerto Rico or the Virgin Islands, is at least native to the larger islands of the Antilles. *Trichilia* and *Guarea* are two genera which are indigenous to Puerto Rico, yet apparently are free of attack. Unfortunately, all three of these neotropical taxa, while free of attacks from the borer, grow with such poor form as to negate the advantage they have over borer susceptible species.

There are two theories which directly oppose each other. One author states that fastest growing cedars are least bothered by shootborer since their vigorous growth produces the resin necessary to discourage successful attack. Another worker concludes that only the fastest growing seedlings are attacked because the borer prefers succulent new growth. These views have both been presented within the last five years by scientists of repute.\* Obviously objective experimentation is needed to reinforce one theory and discredit the other, or to explain the discrepancy.

Another theory, one which has received Turrill's blessing, is that *Toona* would be a fine candidate for plantations in place of *Cedrela*. Indeed in

Puerto Rico we have *Toona* 3.5 meters in height 12 months after outplanting. However, on several sites we have noticed Coccidae insect attacks thriving on and debilitating these trees. This doesn't mean *Toona* can't be used in Puerto Rico. It does indicate that more research is needed on *Toona* and its related problems.

The revision by Smith of the genus *Cedrela* is a possible stumbling block for our research. The taxonomy of *Cedrela* is certainly far from settled, and by dealing with species outlined by Smith we may well be faced with populations with tremendously wide variations. This could affect our work in ways unknown if careful records aren't kept concerning seed source. Conversely, our populations of *Hypsipyla* may differ also. Perhaps there are yet new species to be found and studied, or perhaps mass-rearing techniques produce in-bred insects that behave in a non-typical fashion.

Our work in Puerto Rico has generated its own unfounded theories. Two years ago the key to *Cedrela* regeneration problems was thought to be aluminum toxicity. Cedar may well be susceptible to aluminum, but most plantation failures seem to have occurred on sites of pH 5 or higher. Aluminum toxicity cannot be a factor on such high pH sites.

A year ago the pet theory was, in Puerto Rico, that competition from grass or weeds was the main factor. Subsequent trials using weeded versus non-weeded plots gave no evidence to support this theory. Also, symptoms suggested damage of the roots by nematodes; but no evidence has yet been found to substantiate this.

Even more recently we were eagerly promoting use of the slow release insecticides developed by workers at the University of Washington. Recent trials in St. Croix by Gara and Wilkins suggest that more work is needed before these systemic insecticide pellets can be relied upon.

In summary, we can safely state that, while great strides have been made in the last three years, especially in *Hypsipyla* research, we are far from the point where we can pat ourselves on the back for a job well done. It isn't done yet.

\* A. F. A. Lamb and R. I. Gara.

**CONTROL DE  
HYPsipyla GRANDELLA (ZELLER)  
POR METODOS MICROBIOLOGICOS \***

*Oscar Hidalgo-Salvatierra*

ENAG, Apartado 453  
Managua, Nicaragua

El uso de organismos entomopatógenos en la lucha contra los insectos constituye solamente una parte de lo que modernamente se conoce como la lucha integrada contra las plagas.

Los insectos, como los demás seres vivos, sufren de enfermedades naturales que en ocasiones pueden destruirlos de la noche a la mañana. Cuando el organismo causante se aísla y se cultiva en el laboratorio sus características genéticas pueden ser alteradas por medios físicos, como las radiaciones, o por medios químicos mediante el uso de compuestos radiomiméticos, en tal forma que una selección de los variantes obtenidos puede resultar en un patógeno más virulento y por lo tanto de mayor utilidad en la lucha contra los insectos.

Los agentes causantes de enfermedades pueden rociarse al igual que un producto químico. Si sus efectos se han investigado cuidadosamente de manera que su uso no implica peligro para el hombre, las plantas, u otros animales o insectos beneficiosos, entonces se puede adelantar la aparición de una enfermedad rociándola sobre la plaga. A diferencia de los productos químicos, las enfermedades de los insectos son selectivas, y se automultiplican requiriendo un número menor de aplicaciones y por lo tanto menor costo en el combate de las plagas.

Las enfermedades que han dado mejores resultados hasta el presente son las causadas por el virus polidrosis en orugas de lepidópteros, y la bacteria *Bacillus thuringiensis* en orugas de mariposas y moscas.

El uso de hongos entomopatógenos no es muy generalizado y los resultados que se han obtenido en otros países son contradictorios. Las aplicaciones de

hongos deben hacerse con mucha cautela y con perfecto conocimiento del organismo con que se trabaja.

No todas las plagas se prestan para estudiar sus parásitos y enfermedades. Se requiere que el insecto esté disponible en grandes cantidades para llevar a cabo las pruebas biológicas necesarias a la selección de un patógeno adecuado. Lo más importante, sin embargo, es que exista una base para creer que el patógeno seleccionado puede contribuir satisfactoriamente a la lucha integrada contra la plaga.

Específicamente en nuestro caso, basado en investigaciones previas con el hongo *Metarrhizium anisopliae* y la bacteria *Bacillus thuringiensis*, esperamos que estos organismos contribuirán satisfactoriamente en la lucha integrada contra el barrenador de las meliáceas, *Hypsipyla grandella* (Zeller).

Utilizando rayos gamma de Co-60 hemos inducido varias mutaciones en el hongo *M. anisopliae*, las cuales son más patógenas contra *H. grandella* que el tipo silvestre. Para estudiar el potencial del hongo como medio de control en la lucha contra el barrenador se necesitan experimentos de campo, y en estos estudios los mutantes obtenidos, que son de color diferente al del tipo silvestre, prestarán una ayuda invaluable en el reconocimiento del establecimiento de la enfermedad en la población de *Hypsipyla*.

Un estudio sobre la patogenicidad de diferentes variedades de *B. thuringiensis* contra larvas de *H. grandella* ha demostrado que preparaciones hechas a partir de las variedades *sotto* y *ashman* son las más prometedoras por su alta toxicidad contra larvas de primer instar.

\* Proceedings First Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*, IICA—CTEI (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 1973

# COMMENTS ON THE POPULATION DYNAMICS OF *HYPSIPYLA GRANDELLA* (ZELLER)\*

*J. Ramírez-Sánchez*

College of Forestry, N.Y. State University, Syracuse, New  
York, U.S.A.

## COMPENDIO

Se asume que *Hypsipyla grandella* representa un problema solo en las plantaciones jóvenes, por lo tanto, los ensayos que se realicen en las especies *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *C. angustifolia*, deberán hacerse con alternancia de factores altitudinales y de clima.

En cuanto a la distribución de *H. grandella*, el propósito del presente trabajo no es el de mostrar técnicas estadísticas, sin embargo se pretende encontrar unos pocos factores que sean la llave que ayude en la búsqueda de las causas de los niveles bajos de la población insectil.

Aunque para el caso de *H. grandella* no existe información sobre su distribución ecológica, se exponen algunas hipótesis.

La primera señala que la disponibilidad del alimento, en cuanto a calidad y cantidad es el factor más importante que causa los cambios numéricos en la población. Los insectos que tienen la oportunidad de alimentarse de brotes nuevos, (con abundantes tejidos parenquimatosos, meristemáticos, ricos en citoplasma, agua y nutrientes), estarán mejor nutridos y por ende, predispuestos a una mayor fecundidad y fertilidad, a diferencia de aquellos que se han desarrollado en árboles con brotes viejos o en la estación seca.

La segunda hipótesis indica que la densidad de población de *H. grandella* es dependiente también de los parásitos, enfermedades y predadores. Otros problemas son secundarios. Aunque la plantación sirve de refugio temporal al insecto, éste puede ser atacado por otros organismos representantes del complejo ecosistema que se da en los trópicos.

Population dynamics refers to changes in numbers from generation to generation and, by implication at least, to the quality of populations of living things (Waters 1967).

It is concerned with:

- defining the population in question
- measuring its changes
- determining the factors causing the changes in it or associated with them.

To define the population, its boundaries must be specified. If we assume that *Hypsipyla grandella* is a major problem only on trees up to about 10 m high, the study should be limited to young plantations up to about five years of age. These plantations will be basically of three types: one of mahogany, (*Swietenia macrophylla*) and two of Spanish cedar (*Cedrela odorata*, and *C. angustifolia*). Each plantation will have three replications at three different altitudes above sea level, that is, under different climatic conditions, but still within the range of distribution of the tree species. The population to be measured will be in relation to a stable unit, which is going to be a tree. This sampling unit will ensure:

\* Proceedings First Symposium on Integrated Control of Hypsipyla, IICA-CTEI (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 1973

- a. equal chance of selection
- b. stability
- c. constant proportion of insects
- d. smallness
- e. flexibility
- f. easy conversion to absolute density on per acre basis
- g. ease of delineation in the field.

To measure the changes in the insect population, samples have to be taken at predetermined intervals to find out the changing relation of the rate of birth and the rate of mortality. What are the factors responsible for the changes or associated with them, and how?

First, sampling techniques have to be developed. The plantations, especially designed for the study, will be small (about 600 trees each) and if desired, the entire population could be measured. The sampling unit in this case will be the tree, considered as a cluster of shoots which differ in position (main or secondary), in size, in height above the ground, and in foliage covering the tree branch that bears the shoot.

The mechanics of sampling have to receive early attention along with the development of sampling techniques. This requires a lengthy and detailed explanation, and I will not intend to summarize it here. But there is an important point to be mentioned. If all larvae from the sample trees are collected and taken to the lab and this is done by cutting off the infested shoots, an artificial additional mortality factor is introduced. In a small population like the one we are dealing with, this mortality factor may become the most important one. A way out is to X-ray the infested shoots to find out what larvae are parasitized, and only those would be removed to the lab.

A decision has to be made whether to select the same trees or new additional sample trees. Morris and others advise the use of same trees to collect the samples from year after year, because of the strong correlation usually found among samples of insects successively drawn from the same trees. This has statistical advantages.

In this case the trees that have been attacked are severely damaged and new shoots won't appear until several months later. Until then these trees may not be good representatives of the population and are not likely to be attacked by the insect, with the same intensity as others and therefore a negative correlation may exist instead of a positive one. A disadvantage instead of an advantage may then be found in keeping the same sample trees. We have to remember that about every six weeks a new generation is to be sampled.

I believe that it is best to select a new sample from the universe of trees (i.e. 60 trees), every time a

new insect generation is to be sampled. If these successive samples of trees represent well the universe, I really think that we can get reliable estimations of the insect populations by this procedure.

Another item that has to be considered is the optimum sample size. This must be big enough to ensure a given degree of precision and small enough to expend the least money possible doing the job.

The purpose of this paper is not to show statistical techniques for doing this, so it suffices to say that it is necessary to assume a fixed precision which is a matter of managerial decision.

A series of ecological life tables are to be produced. A variety of ecological conditions will be incorporated into several tables. The age intervals will be chosen so as to facilitate the sampling work.

Since there are from 6 to 10 generations a year, I intend to sample from 18 to 30 generations in each plantation in three years. These ecological life tables will be combined to get a single one from the average of all others belonging to the same plantation.

I hope to find a very few key factors that can be managed to help keeping the insect population at low levels.

Since the main objective in studying the life systems of natural populations is to learn enough about their functioning to devise efficient ways of manipulating them as desired, it is necessary to: a) effectively integrate what is learned about species characteristics, environmental influences, and ecological processes, in particular life systems and b) integrate these individual syntheses into a body of useful ecological principles.

Step (a) is accomplished by the so called models. A model is not a theory but rather a mechanical device suited for mathematical analysis. But in its broad sense, models may be verbal, diagrammatical, or mathematical in form.

#### Preliminary Studies and Hypotheses

Once the objectives are clear and a decision is reached to follow the populations through a sufficient number of generations and in sufficient different places to produce and test models that will satisfy the objectives, measurements of population numbers and all recognizable variables have to be taken. But this can not be done unless some preliminary working hypotheses about the life system are formulated.

In case of *H. grandella* there is not yet sufficient good ecological information, and additional preliminary



studies of various kinds must be done, in order to formulate meaningful hypotheses to work with.

In spite of the limited knowledge I have on the biology, behavior and ecology of *H. grandella* I present to your consideration the following preliminary working hypotheses for this insect:

**Hypothesis 1:** Changes in availability of food (quantity and quality) is the most important factor that causes the changes in the population numbers. Since in the natural undisturbed mature forest little new growth is found (in the form of long tender shoots) the population density is low. The shootborer manages to exist by using the short but numerous shoots of old trees during the growing (rainy) season, and by using numerous seeds (30 to 40) contained in a capsule 2 to 3 inches long, in *Cedrela*, during the dry season. As soon as plantations are established, plenty of food becomes available, and the population builds up very rapidly. There seems to exist a mechanism to control population density, which is switched on and off by certain levels in quantity and quality of food.

New elongating shoots of young trees contain abundant meristematic and parenchymatic tissues which are rich in cytoplasm with a great amount of water, and nutrients, that will allow the larvae that feed on them to grow larger and healthier than those feeding on mature trees. The resulting moths will be also larger and healthier with increased fecundity and fertility. If this is so, the number of eggs contained in females reared on old trees will be fewer than in those reared on young plantations. That is, the fecundity increases with better and more abundant food, and decreases with poorer and less abundant food. Observations

made by Vicent Labeyrie and others in other insects tend to confirm this principle.

Between the extremes there are density related factors that act secondarily, smoothing the peaks of the big cycles and creating small cycles within the big ones. There are also density unrelated factors which act sporadically on low population numbers, i.e.; extreme dryness accompanied by hot temperature and high solar exposure.

**Hypothesis 2:** Changes in population numbers are brought about mainly by density dependent factors: parasitoids, diseases and predators. Other factors are secondary.

If we reason that in the tropics the communities are more stable than in the temperate and arctic regions, because of greater complexity, greater species diversity, longer food chains, and greater inter-specific competition for food at every trophic level, then we have to admit that any disturbance of the ecosystem by making plantations in the open and so forth will invite phytophagous insects that feed on the species of trees planted, to increase their numbers, since they have been suddenly released from the regulating mechanism of parasitoids, predators etc. that existed under previous conditions and have had already reached with them an equilibrium at low population numbers. The plantations serve as a sort of temporary refuge for the shootborer from its enemies, refuge that is plenty of food. It will take sometime before the complex of density dependent regulating factors is built up again, but the new equilibrium may be established at a higher density level, above the economic threshold.

**CÓNSIDERACIONES SOBRE EL PROBLEMA  
HYSIPYLA GRANDELLA (ZELLER)  
EN LAS PLANTACIONES DE  
MELIACEAE EN EL PERU\***

*Marc J. Dourojeanni*

Ingeniero Agrónomo, Ingeniero Forestal, Doctor en Ciencias Agronómicas. Profesor Principal del Departamento de Manejo Forestal y Director de Planificación de la Universidad Nacional Agraria de La Molina, Lima, Perú.

**ABSTRACT**

The Peruvian effort to establish plantations of mahogany and of Spanish cedar has been a complete failure, due mainly to *Hypsipyla grandella*. In spite of this fact, and the fact that since 1960 the market has expanded to about forty commercial species, the forestry effort is still interested in establishment of mahogany and cedar, due mainly to their fine wood properties and silvicultural ease of adaptability (given first a solution to the problem of *Hypsipyla*).

Forest entomologists in Peru have established a list of priorities which includes *Hypsipyla* as one of the ten principal entomological problems in forest practice, although it falls near the bottom of that list. Solution of that problem will probably be reached via silvicultural techniques possibly with help of slow release systemic insecticides if these are proven practical.

**Introducción**

Los daños de *Hypsipyla grandella* (Zeller), el barrenado de los brotes de las Meliaceae, son conocidos en el Perú desde hace varias décadas. Fueron reportados por Piadra (1951), Burgos (1954) y Dourojeanni (1963 a, 1963 b y 1967), quienes también estudiaron la biología del insecto y los métodos de control aplicables.

No se conocen plantaciones de cedro y caoba, las únicas Meliaceae que se haya intentado cultivar en el país, que hayan prosperado sin interferencia del barrenado de brotes. Como la mayoría de las plantaciones fueron establecidas a pleno sol, con espaciamentos relativamente grandes, los daños han alcanzado en general al 100 por ciento de los arbolitos y se han repetido año tras año eliminando todo interés en seguir adelante con la plantación.

A partir de 1960 se puso de moda, en particular entre los silvicultores estatales, la siembra de cedro y caoba en trochas paralelas abiertas en el bosque clímax.

Se tuvo gran esperanza en este método pero a los pocos años fue igualmente abandonado por cuanto los ataques, en esas condiciones, rara vez bajaban de 40 por ciento y solían ser del orden del 60 por ciento anuales.

Después de sembrar en los últimos 30 años una superficie estimable en unas 500 hectáreas, tanto particulares como organismos públicos y privados, han abandonado poco menos que totalmente la siembra de cedro y caoba a causa de los sucesivos fracasos. En los cinco años pasados se sabe sólo de un ensayo de siembra de caoba, también a pleno sol, realizado en Jenaro Herrera, cerca de Requena (Loreto) el cual también fue dañado en su totalidad.

**La situación actual del Perú en relación a la silvicultura de Meliaceae**

El escaso interés demostrado en los últimos años por la reforestación con cedro y caoba es debido, en gran medida, a la apertura del mercado a nuevas especies arbóreas de la selva peruana, lo que no había sucedido hasta 1960 en que las dos especies citadas eran consideradas como las únicas productoras de madera de primera

\* Proceedings First Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*, IICA-CTEI (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 1973

clase. En efecto, hoy se explotan más de 40 especies forestales tanto para aserrío como para industria de contrachapado y otros, entre las cuales varias son tan apreciadas como las Meliaceae, aunque no siempre para los mismos usos.

No obstante, el cedro y la caoba no están olvidados y hay buenas razones para ello. Por una parte, un mercado que los afirma como "grandes clásicos" y por otra, su buen comportamiento silvicultural, abstracción hecha de su susceptibilidad al barreno de los brotes. Ello constituye argumento fundamental para que ahora, que el Perú prevé iniciar en breve el manejo racional de dos de sus más importantes Bosques Nacionales, Iparía y Von Humboldt, exista interés grande por enriquecer y purificar dichos bosques esencialmente con Meliaceae. Consecuentemente, el asunto *Hypsipyla* volverá a interesar forzosamente a los silvicultores y entomólogos peruanos.

#### Importancia relativa de *Hypsipyla grandella* (Zeller) en la problemática entomológica forestal peruana

El aparente abandono de estudios entomológicos sobre el barreno de los brotes encuentra su origen, en el Perú, en la determinación de prioridades de investigación en función del impacto económico de las diversas plagas o grupos de plagas del sector forestal. Este enfoque responde a la escasez notoria de recursos humanos en materia de entomología forestal, la que contrasta profundamente con la gran cantidad y calidad de los entomólogos agrícolas peruanos.

Los perjuicios económicos de las plagas forestales tienden a aumentar su significación económica con el transcurso del tiempo y con la evolución del árbol, desde su fase semilla hasta la de árbol maduro, y luego con su transformación en trozas, en productos forestales y después con la utilización de dichos productos. La importancia es mayor cuando mayor es el trabajo invertido, mayores son los gastos de mantenimientos y mayor es el lapso de ocupación de la tierra. Consecuentemente, el ataque de insectos en semillas es, en principio, menos grave que el ataque de un barreno de brotes en arbolitos tiernos y éste se supone menos perjudicial que la muerte de un árbol maduro por efecto de descortezadores en el que se ha invertido durante décadas en trabajo, en ocupación de suelo y en materiales y equipos. Pero, si los ataques se realizan en trozas, en madera aserrada o peor aún, en una edificación recién concluída, los daños son incalculablemente mayores que si se hubiesen producido en la semilla o en el vivero o aún en el árbol maduro. Pues bien, cualquier análisis económico de la incidencia de plagas como los termitas en madera labrada contra la de un barreno de brotes dará la ventaja a los primeros, aunque ciertas especulaciones puedan alterar en algunos casos esta premisa.

En el caso peruano, diversos estudios publicados desde 1951 permiten establecer el siguiente orden de prioridades en cuanto se refiere a importancia económica de las plagas forestales:

- 1) Termitas de madera seca (en particular *Cryptotermes brevis* Walker) y termitas subterráneas (Rhinotermitidae) en la Costa y en la Selva, respectivamente. El desconocimiento de sus biología y de su importancia y consecuentemente el escaso interés dado a la preservación de madera hacen que, en el Perú, la durabilidad media efectiva de la madera en obras sea de menos de cinco años. La fuerte importación de madera es en gran medida reflejo de la escasísima duración en servicio de la madera.
- 2) Gorgojos de ambrosía (en especial de los géneros *Platypus*, *Tesserocerus* y *Xyleborus*) cuyos daños están al origen de cuantiosas pérdidas en la fase de extracción de la madera (en trozas) del bosque y durante el aserrío y el secado al aire. Los ataques de estos coleópteros son responsables de que en la actualidad no sean utilizadas la mayoría de las especies forestales tropicales consideradas, injustificadamente, como de "mala calidad".
- 3) Pulverizadores de madera (Lyctidae, Bostrychidae, Anobiidae, Ptinidae) los que sustituyen ecológicamente a los termitas en la Sierra y que son también muy activos en la Costa.
- 4) Scolytidae y otros descortezadores (Cerambycidae, Buprestidae) que atacan árboles en pie, con mayor virulencia en plantaciones puras en la Costa y la Sierra causando mortalidad elevada.
- 5) Las hormigas cortadoras de hojas (*Atta* spp. y *Acromyrmex* spp.) las que ocasionan enormes perjuicios en reforestaciones en áreas tropicales.
- 6) El barreno de brote de las Meliaceae (*Hypsipyla grandella* (Zeller) al cual se considera en esta posición más por especulación que por razones económicas constatables estadísticamente.
- 7) Barrenadores del tronco (Cerambycidae, Buprestidae y Curculionidae).
- 8) Perforadores marinos, particularmente importantes en el Perú por la considerable flota pesquera, en gran proporción hecha de madera.

Es obvio que esta relación completa y jerarquizada de los grupos de plagas forestales de mayor importancia económica no es tan breve como la señalada, pero siendo el único objeto de exponerla el de ubicar al problema *Hypsipyla*, no se considera necesario el ampliar la información. Se infiere pues que *Hypsipyla grandella* (Zeller) está considerada, en el Perú, como uno de los 10 principales problemas entomológicos forestales.

La investigación forestal en el Perú, en la última década ha versado sobre los siguientes aspectos:

- 1) Identificación y evaluación de las plagas forestales a nivel nacional.
- 2) Preservación de maderas contra termites y pulverizadores de madera
- 3) Estudio de la ecología y control de los gorgojos de ambrosía en las áreas de explotación de la selva.
- 4) Control de las plagas de las plantaciones forestales de la Costa y la Sierra.
- 5) Control de las hormigas cortadoras de hojas en agricultura y forestales.
- 6) Estudios para el establecimiento de plantaciones de cedro y caoba.

#### Enfoque peruano sobre la investigación requerida en torno al problema *Hypsipyla*

En materia de sanidad forestal la primera y más importante consideración a tener en cuenta es mantener las poblaciones insectíles lo más bajas posibles, no brindándole oportunidades de desarrollarse. En las plantaciones es pues esencial procurar mantener elevado el vigor de los árboles y utilizar los métodos silviculturales más adecuados en función de la biología del insecto.

En este sentido, es preciso reconocer que, en términos generales, se ha hecho muy poco en América Latina y aún menos en el Perú. No se han agotado, ni mucho menos, todas las posibilidades que brinda el control silvicultural. Se tienen proyectados los siguientes temas de investigación sobre este particular:

#### 1. Plantaciones a pleno sol.

- 1.1 Siembras a muy alta densidad exclusivamente de cedro y/o caoba.
- 1.2 Siembras mixtas de cedro y/o caoba con especies de rápido crecimiento (*Ochroma*, *Cecropia*, *Triplaris*) de modo de obtener una muy alta densidad "artificial".
- 1.3 Siembras a alta densidad utilizando más de 3 especies forestales valiosas, incluídos el cedro o la caoba.
- 1.4 Siembras a densidad convencional y subsecuente "abandono" durante 4 ó 5 años. En otras palabras, permitir que se cree una alta densidad "artificial" por efecto de la maleza.

#### 2. Plantaciones bajo sombra.

##### 2.1 Ensayo de diferentes porcentajes de luminosidad (apertura del dosel).

Podría aplicarse en este plan una variante, la cual sería la utilización de plantones de diferente desarrollo.

Como se observa, la propuesta se basa en observaciones dadas a conocer con anterioridad (Dourojeanni, 1963 a y b) según las cuales la densidad, a través de la competencia por la luz y de algunos otros factores, conserva una estrecha relación con los ataques de *Hypsipyla* que podría ser utilizada para minimizar sus perjuicios.

En lo que a control químico se refiere, la única posibilidad concreta, que a juicio nuestro merece ser contemplada, es la de ensayar los nuevos insecticidas sistémicos de liberación controlada. Las formas clásicas de aplicación ya han sido probadas y han resultado inoperantes.

El control biológico (utilizando predadores o parásitos, así como mediante hongos y microorganismos) no parece ser una solución inmediata o mediata por cuanto, en el Perú, las plantaciones que se implanten han de estar forzosamente rodeadas de bosques naturales que han de provocar una enorme dilución de las liberaciones. Igual consideración, a la que se pueden añadir otras de carácter económico y tecnológico, hacen suponer que el control físico mediante esterilización de machos no resultará aplicable en plazos más o menos breves.

Cualquier tipo de control que se pretenda aplicar, aún el silvicultural, ameritan un estudio profundo, en las condiciones locales, de la ecología del insecto y una insistencia especial en los problemas que atañen a la dinámica de su población.

#### Referencias

1. BURGOS, J. A. Un estudio de la silvicultura de algunas especies forestales en Tingo María, Perú. *Caribb. Forester* 15(1-2):14-53. 1954.
2. DOUROJEANNI, M. J. Observaciones entomológicas en los viveros forestales de Pucallpa e Iquitos. Informe de Entomología Forestal No. 4. Universidad Agraria, La Molina. 1963 a. 17 p., (Mimeografiado).
3. \_\_\_\_\_ . El barreno de los brotes (*Hypsipyla grandella*) en cedro y caoba. *Agronomía* 30(1):35-44. 1963 b.
4. \_\_\_\_\_ . Apuntes de Entomología Forestal Peruana. 6.2.1 Barreno de los brotes de las Meliáceas *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Phycitidae). Universidad Nacional Agraria, La Molina. 1967. pp. 280-304. (Mimeografiado).
5. PIEDRA, V. Insectos dañinos a la agricultura en Tingo María y zonas vecinas. Escuela Nacional de Agricultura. Tesis de grado. 1951. pp. 54-58.

## PROTECTION OF SPANISH CEDAR WITH CONTROLLED RELEASE INSECTICIDES \*

*Richard M. Wilkins*  
*G. Graham Allan*  
*Robert I. Gara*

Assistant Professor of Biology, University of Puerto Rico,  
Río Piedras, Puerto Rico 00931.

Associate Professor of Fiber and Polymer Science, College  
of Forest Resources, University of Washington, Seattle,  
Washington 98195, U.S.A.

Associate Professor of Forest Entomology, College of  
Forest Resources, University of Washington, Seattle,  
Washington 98195, U.S.A.

### COMPENDIO

De todos los sistemas propuestos para el control de *Hypsipyla grandella* uno de los más prometedores parece ser el uso de insecticidas. A la vez, es uno de los más peligrosos y costosos. Para evitar los peligros y altos costos de control de otros insectos con insecticidas, se han combinado insecticidas sistémicos de vida corta con polímeros. Esto resulta en un sistema de liberación lenta que da protección completa al árbol, utiliza muy poco insecticida para hacerlo, opera a largo plazo, y amenaza muy poco el ambiente. Los costos y peligros quedan muy reducidos. El propósito de este estudio fue desarrollar un sistema de insecticida sistémico/liberación lenta para proteger árboles jóvenes de *Cedrela* y *Swietenia* del ataque de *H. grandella*.

Después de probar 28 insecticidas sistémicos, carbofuran, methomyl, isolan, phosphamidon y monocrotophos resultaron los más prometedores. Estos fueron probados en pruebas de campo, utilizando el concepto de liberación lenta. Como resultado, se notó que el carbofuran dio protección excelente sin señales de fitotoxicidad.

It is clearly recognized that the principal obstacle to large scale planting of mahogany and Spanish cedar in the American tropics are the attacks of the shootborer *Hypsipyla grandella* Zeller.<sup>1</sup> Equally damaging are the attacks of *H. robusta* (Moore) to susceptible species of Meliaceae in the Old World tropics.<sup>2</sup> Various approaches have been proposed for this problem<sup>3</sup> including providing an environment which is (it is thought) discouraging to the adult moth, development of biological control by parasites and pathogens, the sterile male method and chemical control. Every concept though has both advantages and shortcomings. Silvicultural methods are expensive in terms of labor and often give a reduced growth rate of

the trees, and biological control techniques are lengthy in development and are full of pitfalls. The sterile male technique is limited in application and costly in development and use. Although more easily developed, chemical control of *Hypsipyla* falls under the general condemnation that is attributed to chemical control of all pests; environmental contamination and ecological disturbance.

When evaluating the effect of an un-natural chemical upon the environment of a plantation of Meliaceae it should be realized that maintenance of such a single-or few species-forest in the tropics would not be a normal condition. Use of pesticides that are short-lived and systemic would have the least effect on the environment. Also, introduction of parasites or pathogens for biological control could still have a profound effect on the ecology.

\* Proceedings First Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*, IICA-CTEI (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 1973

Generally, the greatest argument against the use of chemical biocides is their inadvertent dispersal into the environment, and subsequent concentration in the food chain. Again, this risk can be decreased by careful selection of a specific toxicant.

These comments concerning the propriety of chemical use in *Hypsipyla* control are, until recently, inappropriate, as conventional insecticides have been found to be ineffective and costly. Control of *H. grandella* has been investigated in small plantations of *Cedrela odorata*, in which spraying with DDT, parathion, metasystox, endrin-aldrin mixture and DDT-aldrin mixture was used.<sup>4</sup> The treatment with DDT was most effective but lasted only a few days. For control it was necessary to spray every oviposition period (every six weeks). This procedure is clearly impractical for large plantations on both cost and environmental considerations.

These short effective lives of persistent non-systemic insecticides are a result of the high rainfall and temperatures associated with the normal habitat of meliaceous species. The systemic insecticides generally have even shorter half-lives. Such severe environmental conditions would provide an extreme test of the new controlled release pesticides that are being developed to permit a more efficient use of conventional pesticides.<sup>5</sup> This concept of controlled release pesticides involves the combination of short-lived pesticides with polymers; a suitable choice of polymer governing the requisite formulation properties and release rates. Various techniques have been investigated for combination of the pesticide with the polymer. These can be broadly classified as chemical<sup>6</sup> or physical.<sup>7</sup> In both cases the product is non-leachable, protects the pesticide from degradation and releases the pesticide over a controlled period of time to the site of action. To affect the latter the combination is placed near the plant requiring protection on or in the soil. Controlled release of the toxicant then occurs by opening of the pesticide-polymer bond in the case of the chemical type or by diffusion-dissolution in the case of the physical type. Transport through the soil to the roots provides the plant with a steady supply of the systemic pesticide.

If controlled release insecticides were applied to Meliaceae then protection from attack by the shootborer would be continuous as long as the rate of release of the insecticide exceeded the rate of degradation in the plant tissues. The necessary use of a systemic would effect only phytophagous insects, their parasites and predators. Thus, even though the chosen systemic is not likely to be species specific, in effect it will act very selectively.

The object of the investigation was the development of an insecticide combination that would protect young *Swietenia* or *Cedrela* spp. for the duration of the susceptible period (up to five years). Thus, a single treatment at transplantation would provide protection until the attacks on the tree become negligible. This approach is consistent with the low expenditure per tree requisite for commercial forestry.

With these factors in mind the concept of controlled release pesticides was applied to the problem of *Hypsipyla* control.

The properties required for a systemic insecticide to function well in a controlled release formulation are somewhat different than for a conventional spray formulation. Thus, selection of candidate insecticides from a large number was carried out by the following procedure:

1. Comparison of translocation properties of the insecticides in young *C. odorata*.
2. Comparison of toxicity to *H. grandella* larvae after translocation of the insecticides through the plant from a soil treatment.
3. Comparison of phytotoxicity to *C. odorata* after soil application.

Any insecticides passing such a screen satisfactorily would be considered as potential candidates for formulation into controlled release combinations.<sup>8</sup> Greenhouse screening and subsequent field trials were all carried out at Inter-American Institute of Agricultural Sciences (IICA) at Turrialba, Costa Rica.

#### Preliminary Screening

Twenty-eight available systemic insecticides (Table 1), both commercial and experimental, were screened by soil treating nine month old potted *C. odorata* with 75 mg active ingredient of the technical materials. Translocation into the upper foliage was followed by a series of acetone leaf extracts which were subsequently bioassayed using adult *Drosophila melanogaster* reared for this purpose. This type of analysis avoided the multitude of chemical analyses that would have been necessary for each individual insecticide. In this way, a picture of the concentration of each insecticide in the foliage at different times after application to the soil was obtained. Although the details of these concentration-time curves were characteristic for each insecticide, the general shapes were similar.

TABLE 1

| Code No. | Common Names      | Chemical Names  |
|----------|-------------------|---|
| 1        | carbofuran        | 2,3-dihydro-2,2-dimethylbenzofuran-7-y1 N-methylcarbamate                     |
| 2        | methomyl          | S-methyl N-[(methylcarbamoyl) oxy] thioacetimidate                            |
| 3        | monocrotophos     | 3-(dimethoxyphosphinyloxy)-N-methylciscrotonamide                             |
| 4        | Isolan            | 1-isopropyl-3-methyl-5-purazoly1 dimethylcarbamate                            |
| 5        | dimethoate        | 0,0-dimethyl S-(N-methylcarbamoylmethyl) phosphorodithioate                   |
| 6        | phosphamidon      | 2-chloro-2-diethylcarbamoyl-1-methylvinyl dimethyl phosphate                  |
| 7        | Cytrolane         | 2-(diethoxyphosphinylimino)-4-methyl-1,3-dithiolane                           |
| 8        | trichlorofon      | dimethyl 2,2,2-trichloro-1-hydroxyethyl phosphonate                           |
| 9        | C-2307            | 3-(dimethylphosphinyloxy)-N-methoxy-N-methylciscrotonamide                    |
| 10       | Cyolane           | 2-(diethoxyphosphinylimino)-1,3-dithiolane                                    |
| 11       | Monitor           | 0,S-dimethyl phosphoramidothioate   |
| 12       | Bay 68138         | ethyl 3-methyl-4-methylthiophenyl isopropyl phosphoramidate                   |
| 13       | demeton           | 2:1 mixture of 0,0-diethyl 0- and S-2-(ethylthio) ethyl phosphoridithioate    |
| 14       | dicrotophos       | 3-(dimethylphosphinyloxy)-N,N-dimethylciscrotonamide                          |
| 15       | menazon           | 0,0-dimethyl S-(4,6-diamino-1,3,5-triazin-2-ylmethyl) phosphorodithioate      |
| 16       | dimetilan         | 2-dimethylcarbamyl-3-methyl-5-pyrazoly1 dimethylcarbamate                     |
| 17       | I-19              | hexamethylditin   |
| 18       | aminocarb         | 3-methyl-4-dimethylaminophenyl N-methylcarbamate                              |
| 19       | I-12              | S-(N-methoxycarbonyl-N-methylcarbamoylmethyl) dimethyl phosphorothiolthionate |
| 20       | fensulfotion      | 0,0-diethyl 0-4-methylsulfinylphenyl phosphorothioate                         |
| 21       | oxydemeton-methyl | 0,0dimethyl S-2-(ethylsulfinyl) ethyl phosphorothioate                        |
| 22       | fenthion          | 0,0-dimethyl 0-3-methyl-4-methylthiophenyl phosphorothioate                   |
| 23       | fenchlorphos      | 0,0-dimethyl 0-(2,4,5-trichlorophenyl) phosphorothioate                       |
| 24       | arprocarb         | 2-isopropoxyphenyl N-methylcarbamate  |
| 25       | disulfoton        | 0,0-diethyl S-2-(ethylthio) ethyl phosphorodithioate                          |
| 26       | schradan          | octamethylpyrophosphoramidate   |
| 27       | phorate           | 0,0-diethyl S-ethylthiomethyl phosphorodithioate                              |
| 28       | Pirimor           | 5,6-dimethyl-2-dimethylamino-1-pyrimidinyl dimethylcarbamate                  |

Having determined at what time period each insecticide reached its maximum concentration in the new leaves of the treated plant, viable comparison of the toxicities of these concentrations to larvae of *Hypsipyla grandella* was possible. The value of a systemic insecticide can only be determined at the time of maximum concentration resulting from a single soil treatment. Thus, eggs of *Hypsipyla*, collected in the field, were attached to seedlings pretreated with one of the twenty-eight insecticides two days prior to the respective insecticide maxima. Eclosion occurred approximately two days later. The toxic effect of the insecticides was determined by the mortality of the resulting larvae and in the reduction of damage caused by the larvae. Thus, the overall toxicity and growth inhibition to the larvae was considered and categorized by application of the formula:

$$D_f = \frac{(H + F) N + 1}{E} \cdot L.$$

where the damage factor ( $D_f$ ) is given in terms of the number of leaves severed by the action of *H. grandella* (F), the number of boreholes in the mainstem (H), the

number of larvae still alive (N), the original number of larvae (E) and the final condition of the leader, attacked (L = 10) or unattacked (L = 1). These measurements were made five days after eclosion. As the original number of larvae (E) was about 10, then a seedling completely protected against shootborer attack would have a damage factor of about 0.1. Of 28 systemic insecticides screened seven fulfilled this requirement. These were methomyl, carbofuran, monocrotophos, Isolan, dimethoate, phosphamidon and Cytrolane.

Phytotoxicity studies at increasing soil dosages of these insecticides on *C. odorata* were carried out. This showed that the best combinations of pest control and lack of acute phytotoxicity were exhibited, in decreasing order, by carbofuran, methomyl, Isolan, phosphamidon and monocrotophos.<sup>9</sup>

#### Field Studies

Controlled release combinations of the five selected systemic insecticides were prepared based on molecular diffusion of the toxicant in a plastic matrix. This was achieved by dissolution of each insecticide at

a 25 percent concentration in molten polyamide resin and casting of the liquid mixture into cylindrical pellets of 1 cm diameter. Precautions were taken to obtain maximum uniformity with minimal thermal degradation of the insecticides. These physical combinations were then field tested in young *Cedrela* plantations.

Seedlings of *C. odorata* ten months old and 40 cm high were outplanted at two locations on the grounds of IICA at Turrialba. The quality of the two sites differed, that at Florencia Sur being superior to Puente Cajon. Each plantation consisted of 100 trees with 2 x 2 m spacing in a square 20 x 20 m configuration. One level of treatment for each controlled release combination was used. For Isolan, methomyl, monocrotophos and phosphamidon combinations this was 12 pellets, 2 cm in length, for each tree. For carbofuran combination the treatment level was 12 pellets, 8 cm in length, per tree. Other trees were soil treated with the conventional insecticide formulation or were untreated. This experimental design was intended to compare the longevity of conventional and controlled release formulations. Twenty trees were treated with each combination and the treatments were distributed in a semi-random fashion in the two plantations.

Individual trees were treated with the pellets by insertion in the soil making a circle approximately 12" diameter around the stem.

The performance of the controlled release combinations was followed by observing:

- a. the height of each plant,
- b. the number of attacks per plant,
- c. condition of the leader, and
- d. symptoms of phytotoxicity.

## Results

The plantations were observed every two weeks for 18 months during the period May 1970 to November 1971. The data taken at each observation period were collated for each insecticide treatment group and for the remainder of the trees not treated.

The results of observations of attacked trees are summarized for each plantation in Figures 1 and 2. These diagrams express the continuous "degree of control" for the 18 month period and the individual points were obtained approximately every two weeks by dividing the proportion of attacked to unattacked trees in each treated group by the proportion attacked in the untreated trees. Naturally this ratio evaluated for the untreated group yields a value of unity which is termed zero control, and is represented by the upper limit in the figures. Thus, the lower limit is no attacks or complete control. Initially all plants were unattacked and therefore the degree of control falls according to the rate of release of the insecticide. The type of curve differs somewhat between the two sites but the high severity of attacks during the period August to October 1970 (days 60 to 160 on the time scale) showed that for 90 days no attacks occurred on trees treated with the Isolan, phosphamidon and monocrotophos combinations.

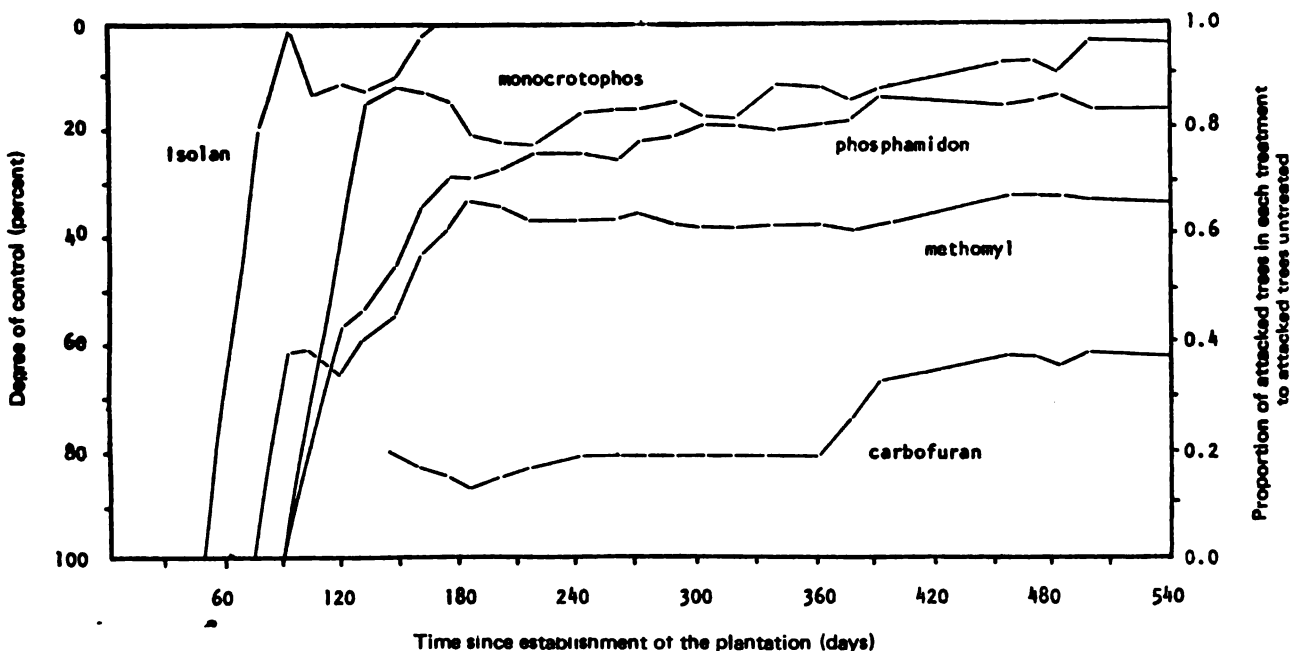


Fig. 1. The degree of control, expressed as the ratio of the percentage of attacked trees in each treatment to the percentage in the untreated group at Puente Cajon.



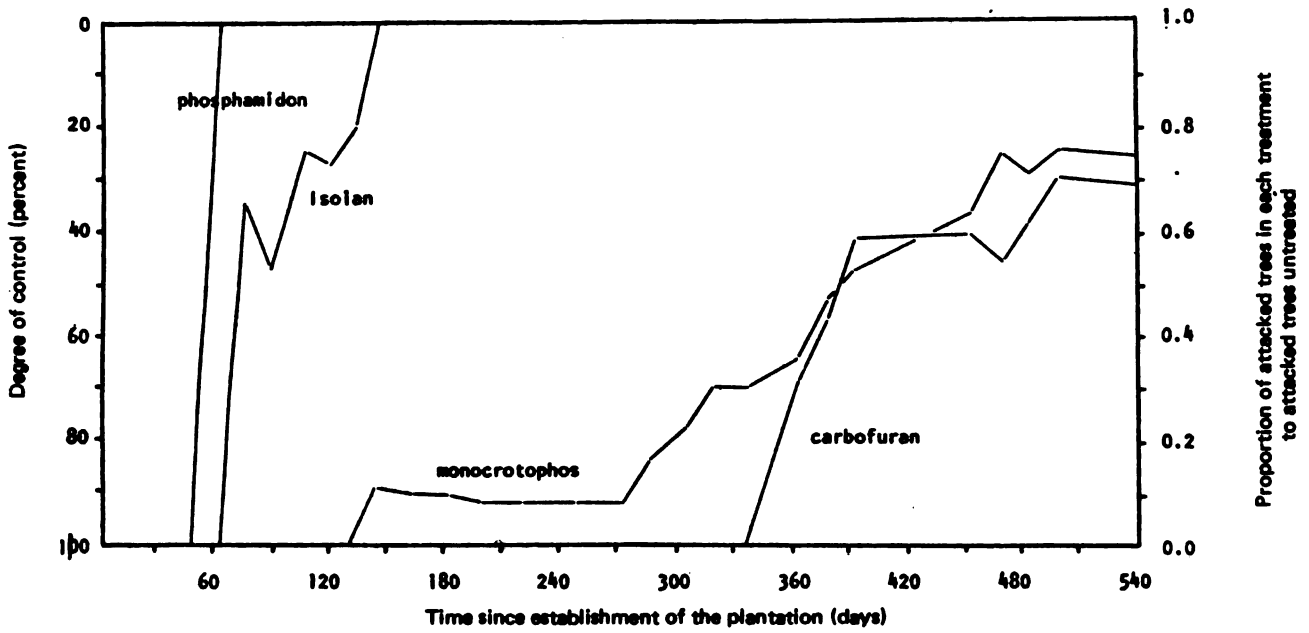


Fig. 2. The degree of control, expressed as the ratio of the percentage of attacked trees in each treatment to the percentage in the untreated group at Florencia Sur.

The methomyl combination was partially effective for about 160 days after which trees treated with this combination behaved similarly to the control trees. The carbofuran combination gave complete control for 340 days at Puente Cajon. This is a considerable exten-

sion in effective lifetime over the conventional formulation (20-30 days).

The long period of protection given by the carbofuran combination is further illustrated in Figure 3, which shows the results of two weekly observations

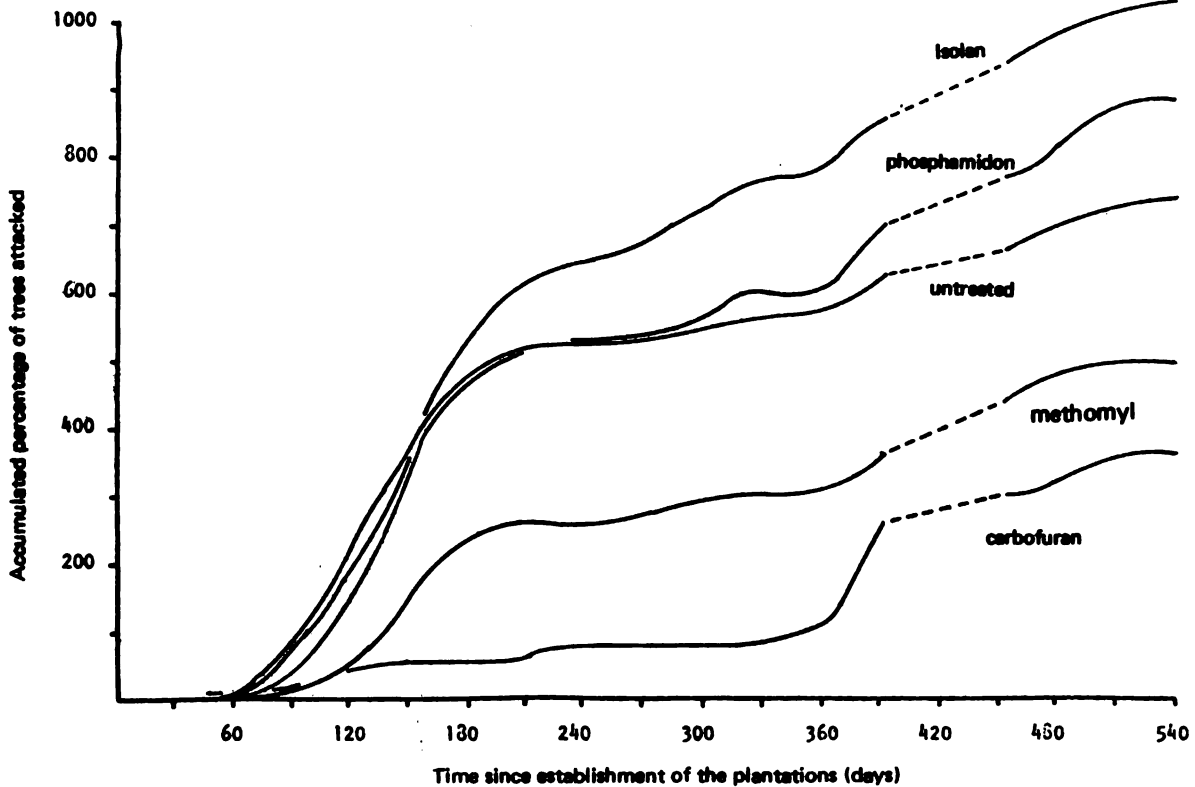


Fig. 3. Frequency of attacks for each treatment group, expressed as the percentage of trees attacks, for both plantations.

(in terms of percentage of trees, in each treatment group, attacked) in a cumulative form. After 60 days the slopes for the Isolan and phosphamidon combinations closely parallel that for the controls. The fact that, during the later period, trees treated with these two combinations were attacked at a greater rate than untreated trees, may result from the early period of protection. Growth of these undamaged trees would be faster than attacked controls and when protection ceased it is likely that selective attack occurred as a result of the relatively greater amount of fresh growth.<sup>10</sup>

### Growth Rates

The effect of the different controlled release insecticide combinations on the average growth rates of *C. odorata* exposed to continuous shootborer attack is shown in Figures 4 and 5. Tree heights were obtained

at the same time as the attack observations, tabulated for every treatment group and the arithmetic means determined on the basis of the original tree count in each group.

The better growing conditions at Florencia Sur over Puente Cajon are reflected in the height increments of untreated trees after 18 months; 33 and 10 percent respectively. At Florencia Sur the growth differentiation is very clear; the average height of trees treated with the carbofuran combination (100 cm) was almost twice that of the controls (53 cm). For the other treatments, in spite of their short period of shootborer suppression, the final heights were all greater than the untreated trees. These trends were also evident at Puente Cajon except, that due to the poorer quality site, the differences were less marked. Thus, use of controlled release combinations through suppression of shootborer attacks allowed the tree to grow at its normal rate, which, however was low due to the generally poor soil quality of both sites.

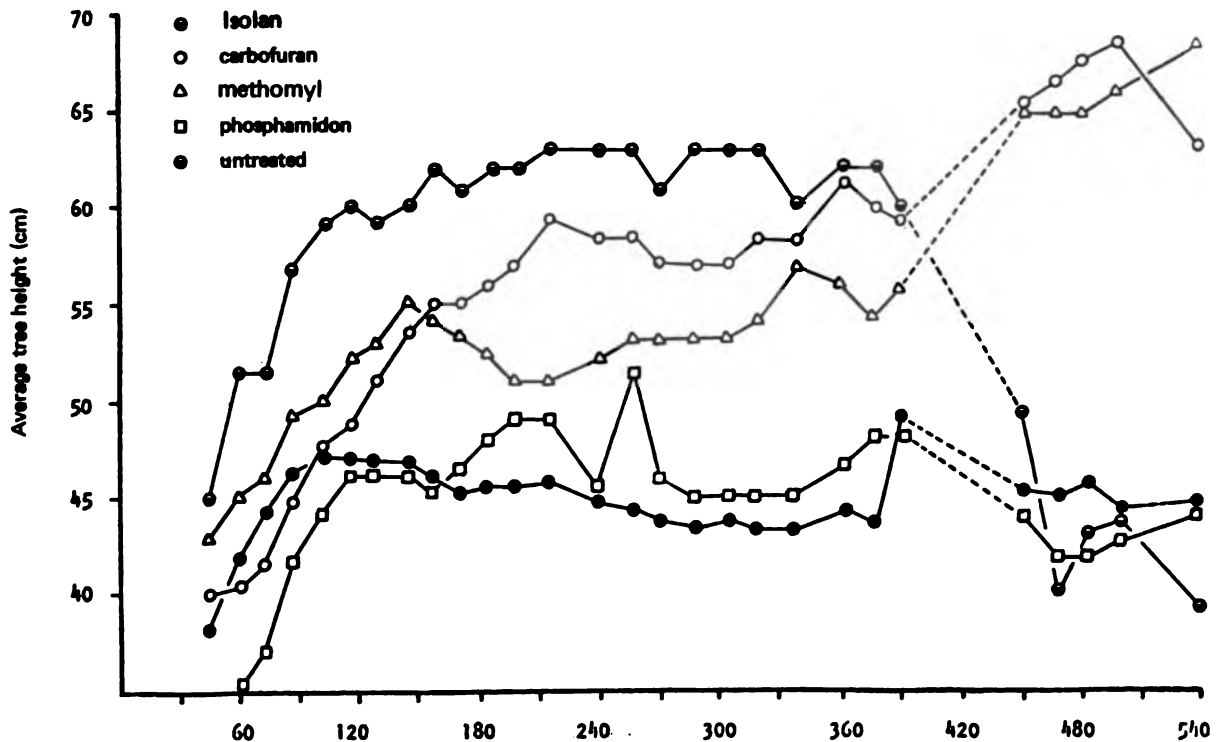


Fig. 4. The average height of trees in each treatment group at Puente Cajon.

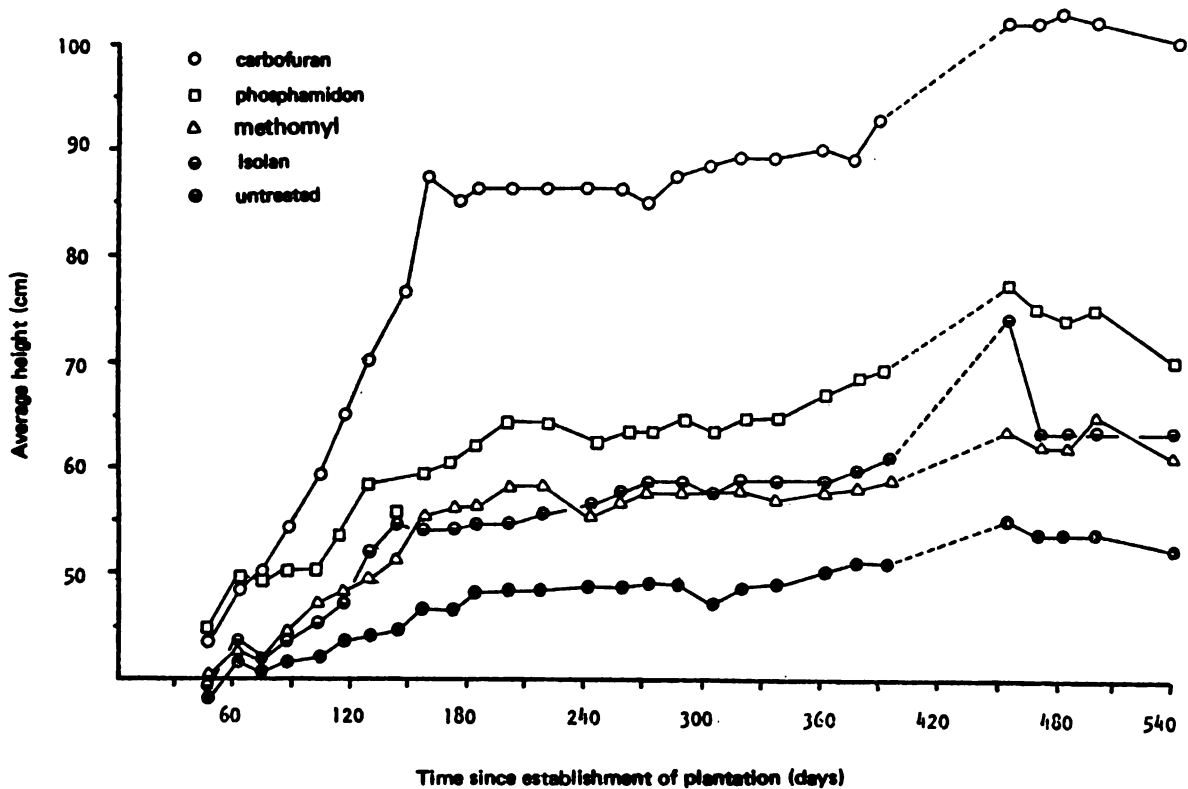


Fig. 5. The average height of trees in each treatment group at Florencia Sur.

### Tree Mortality

The continuous protection afforded *C. odorata* by controlled release insecticide is indicated also in the survival rate of individual trees. Earlier (September, 1967) plantings of *Cedrela* on the same sites of Puente Cajon and Florencia Sur showed a mortality rate of 21 and 12 percent (August, 1968) and 38 and 44 percent (May, 1970) respectively.<sup>12</sup> The observed mortality at the end of the 18 month experiment was as follows: untreated: 15 percent, Isolan: 15 percent, phosphamidon: 14 percent, methomyl: 5 percent and carbofuran: zero percent.

No sign of serious, acute or chronic phytotoxicity was observed in either plantation.

### Conclusions

The results of the field trials reported here indicate that controlled release systemic insecticides provide one of the better methods for protecting *Cedrela*, and similarly susceptible Meliaceae, from *Hypsipyla* attack for extended periods. With the experience of these trials longer lived carbofuran

combinations based on a biodegradable matrix have been designed and are being tested both in Turrialba and in Puerto Rico and St. Croix as well as with non-meliaceous species at other locations.

This further testing is necessary also to determine the effect of differing soil and climate conditions in other parts of the world on the effectiveness of the combinations. It is known that soil properties effect the uptake of carbofuran from a combination and to ensure maximum efficiency the combination should be placed so as to provide continued contact with the root system. However, the concept of controlled release insecticides is most suitable for providing interim measures as part of the integrated control of *Hypsipyla* spp.

### References

1. RAMIREZ-SANCHEZ, J. *Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación*, 16, 54 (1964).
2. FAO Staff, *Unasylva*, 12, 30 (1958).

3. GRAY, B. *Annu. Rev. Entomol.*, 17, 313 (1972).
4. RAMIREZ-SANCHEZ, J. *Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación*, 22, 33 (1966).
5. ALLAN, G. G., CHOPRA, C. S., NEOGI, A. N., WILKINS, R. M. *International Pest Control*, 13, 10 (1971).
6. ALLAN, G. G., CHOPRA, C. S., NEOGI, A. N., WILKINS, R. M. *Nature*, 234, 349 (1971).
7. ALLAN, G. G., CHOPRA, C. S., NEOGI, A. N., WILKINS, R. M. *Tappi*, 54, 1293 (1971).
8. ALLAN, G. G., GARA, R. I., WILKINS, R. M. *Turrialba* 20, 478 (1970).
9. ALLAN, G. G., GARA, R. I., WILKINS, R. M. *International Pest Control*, in press.
10. ALLAN, G. G., GARA, R. I., WILKINS, R. M. In preparation.
11. WILKINS, R. M. Ph.D. dissertation, 1972, University of Washington, Seattle, Washington.
12. SLIWA, D. Personal communication.

**STUDIES ON ATTRACTANTS OF THE MAHOGANY SHOOTBORER,  
*HYPSIPYLA GRANDELLA* ZELLER (LEPIDOPTERA, PHYCITIDAE)  
IN COSTA RICA\***

*E. H. Holsten and R. I. Gara*

College of Forest Resources  
University of Washington, Seattle

**COMPENDIO**

Estudios de campo y laboratorio fueron emprendidos en Costa Rica para verificar la presencia de un atrayente sexual en la hembra de *Hypsipyla grandella*. Trampas, puestas en parcelas de *Cedrela angustifolia* y *Swietenia macrophylla*, fueron usadas para determinar el cebo más atractivo a los machos de *H. grandella*; pruebas en vivo hechas en el laboratorio fueron usadas para confirmar los hallazgos del campo e investigar la conducta del macho ante la presencia del atrayente sexual de la hembra. Los estudios demostraron la presencia de un atrayente sexual en la hembra; el 95% de las polillas atraídas a las trampas cebadas con hembras vírgenes vivas fueron machos. Igualmente, las hembras vírgenes vivas fueron el más atractivo cebo para los machos en las pruebas en vivo hechas en el laboratorio. Se mostró que el almacenamiento, reduce grandemente su sensibilidad al atrayente sexual. Machos, de 3 a 4 días de edad y precondicionados de 2 a 3 horas previas a la comprobación, mostraron las más grandes respuestas a la fuente de la feromona. Con esta verificación del atrayente sexual de la hembra, la identificación del compuesto está ahora iniciada.

**Introduction**

The mahogany shoot borer, *Hypsipyla grandella* Zeller, is one of the most serious pests of young Meliaceae plantations in the neotropics. Consequently, many efforts in establishing of Spanish cedar (*Cedrela odorata* L.) and mahogany (*Swietenia* spp.) have been abandoned (ENTWISTLE 1967). The main damage occurs when larvae bore into growing tips of young plants, thereby destroying height growth for a year or more. Repeated attacks of the shoot borer can reduce its host to an uneconomical form. The general biology of *H. grandella* has been described by RAMIREZ SANCHEZ (1964). *H. grandella* is believed to select its host at night. Adult insects have been shown to be quite active during evening hours (RAMIREZ SANCHEZ 1964; GARA et al. 1973). It has been suggested (GRIJPMA and GARA 1970) that *H. grandella* remains inactive during daylight hours and remains hidden in ground vegetation during this time period. Adults were reported to fly when nightly temperatures were above 17°C although rainfall of 11 mm or more apparently prevented flight. *H. grandella* was found to fly at a mean height of 1–2 m in a plantation of 0.6 m height (GRIJPMA and GARA 1970). Flight capacity and

discreet nocturnal movements of the moth were not determined.

Under laboratory conditions, *H. grandella* adults emerge when ambient light approaches zero lux (BECKER and SLIWA 1973). The female moths assume a "calling position" approximately 6 hours after zero lux has been reached, and mate approximately 1 hour later. This "calling position" probably correlates with the release of a female-produced sex attractant; a behavior noted in other lepidopterans (JACOBSON 1966; DATERMAN 1970; FATZINGER et al. 1971). Although the presence of a female sex attractant has been suggested for *H. grandella* (BECKER and SLIWA 1973; GARA et al. 1973), qualitative and quantitative information is lacking.

Because of the short residual life of the more effective insecticides, accompanied by the necessity of repeated treatment, traditional chemical control of *H. grandella* is not feasible (RAMIREZ SANCHEZ 1966). A better control possibility would be effected if shoot borer populations could be manipulated. The use of sex attractants would provide a means of population manipulation. Recently, GASTON and SHOREY (1967) demonstrated that males of the cabbage looper, *Trichoplusia ni* Hubner, could be disoriented by use of

\* Zeitschrift für angewandte Entomologie 76(1):77-86. 1974

a synthetic sex pheromone. With the "male disorientation" technique well established, it is anticipated that *H. grandella* males could be similarly manipulated if the female sex attractant were isolated, identified, and synthesized. Accordingly, the objectives of this study were to demonstrate conclusively the presence of an *H. grandella* sex attractant and to demonstrate the biological activity of this material in field and laboratory tests.

### Materials and methods

Laboratory and field studies were conducted in facilities and lands administered by the Tropical Training and Research Center of the Interamerican Institute of Agricultural Sciences (IICA), Turrialba, Costa Rica.

### Plantations

Field tests on the response of male *H. grandella* to attractants were established in three plantations. The plantations were established in an area called Florencia Sur and were as follows: 1. Each of two plots contained 50 *Cedrela angustifolia* Sessé and Moc. trees which were about two to three years old and were 1.5 m tall at the time of planting. These trees were planted at 2 X 2 m spacing. 2. The third plot contained 100, 5 year old, 1.5 m tall *C. odorata* trees; also planted at a 2 x 2 m spacing.

Within a few weeks, many of the *C. odorata* were attacked by the field populations; attacks on the *C. angustifolia* were artificially induced by placing *H. grandella* eggs on the leaves. This procedure ensured an augmented, "field-bred", population.

In subsequent tests, eggs for field infestation purposes and adult moths for the attractant studies were obtained from laboratory rearings. The insects were reared on a diet developed by HIDALGO, and BERRIOS (1971).

### Field tests

The response of moths to candidate baits was observed as moths flew into baited traps. The traps consisted of metal cylinders constructed from 2.5 gal. tin cans with the bottoms removed (Fig. 1). The interior of the cylinder was coated with Stikem-Special™. A small wire cage, the bait container, was suspended inside the cylinder. When adult moths were used as bait, a small bottle with a 5% sucrose solution, was attached to the bottom of the cage; the sugar water was presented to the moths by means of a paper wick. The traps were placed on stakes, 1.5 m above the ground and 15 m apart in a pattern that offered maximum air circulation through each device.



Fig. 1. 2 1/2 gallon trap used in field testing of pheromones. Note small cage, containing live *H. grandella* adults, suspended inside the larger can .

A 30-day pilot study was established in Florencia Sur. Three of the four traps contained virgin *H. grandella* females, the fourth trap contained unmated males as controls. At the end of 30 days, four more traps were established. Each of three traps contained crushed female abdominal tips placed in 3 ml of reagent grade methylene chloride. The fourth trap contained 3 ml of methylene chloride as a control.

Four additional traps were positioned within the IICA tree nursery; three traps contained virgin females, the fourth had unmated males as controls. These traps were within an area of heavily infested *Swietenia macrophylla* King seedlings, another favored host of *H. grandella*.

All of the traps were monitored daily and rebaited every fourth day.

### Laboratory studies

The response of male *H. grandella* to various baits also was observed under laboratory conditions by means of a bioassay system developed by DATERMAN (1972) (Fig. 2). The bioassay apparatus basically consisted of a 45 X 48.75 X 32.5 cm closed wooden box; one side of the box was hinged for installations of the light source. Five (23 X 7.5 cm) plastic tubes were inserted into holes drilled in one side of the box. The ends of the tubes were covered with a fine mesh cloth and held in place by rubber bands. An exhaust fan, placed on the side of the box opposite the tubes, created an airflow through the tubes of 12 cm/sec.

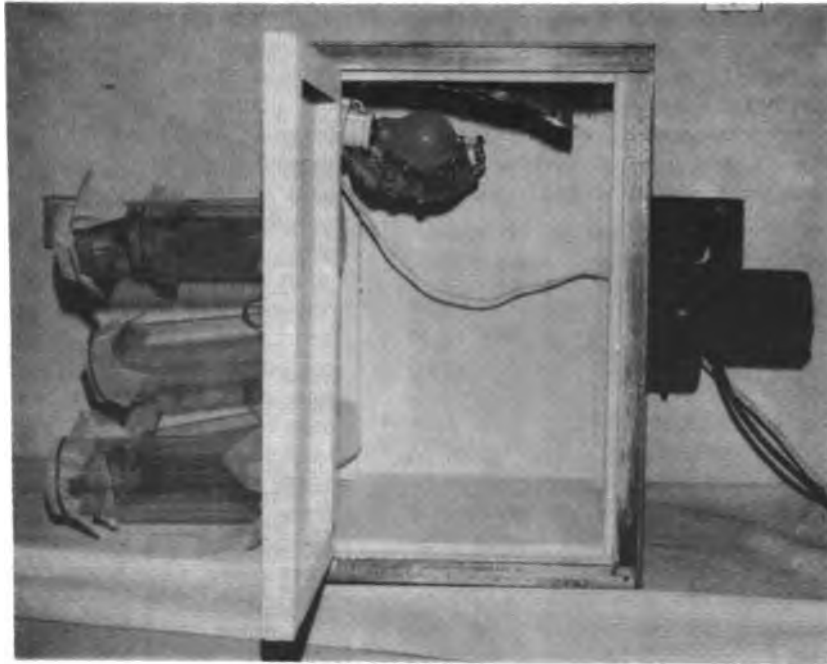


Fig. 2. Laboratory bioassay apparatus. Door is opened to show the two 50 watt bulbs. Air flow is from left to right.

Two 50 W bulbs, controlled by a rheostat, were positioned inside the box. An indirect lighting effect was created by shielding the bulbs with aluminum foil (directing the light away from the plastic tubes) and by painting the inside of the box white. By varying the rheostat, the light intensity at the proximal tube ends could be regulated down to 0.3 to 0.5 lux.

In practice, male moths were placed within the tubes where they normally gathered at the lighted tube ends. Preliminary tests indicated that about 90% of the *H. grandella* males tested were positively phototactic. The bioassay operated on the assumption that when attractive materials were placed at the distal ends of the tubes, the phototactic responses of the males

would be overwhelmed by a chemotactic response and the males would move away from the bright tube end. In addition to movement away from light, males under the influence of female attractants, would exhibit copulatory movements, wing vibrations, and other "key" responses associated with the presence of a sex pheromone. Before testing, it was necessary to acclimate the males to their "tube-environment"; placing moths in the tubes two to three hours prior to testing fulfilled this requirement (Fig. 3). It also was determined that one to three males per tube was the ideal number to use in a bioassay. Higher densities resulted in mutual disturbances, and it was difficult to differentiate between pheromone responses and general activity due to physical contact between moths.

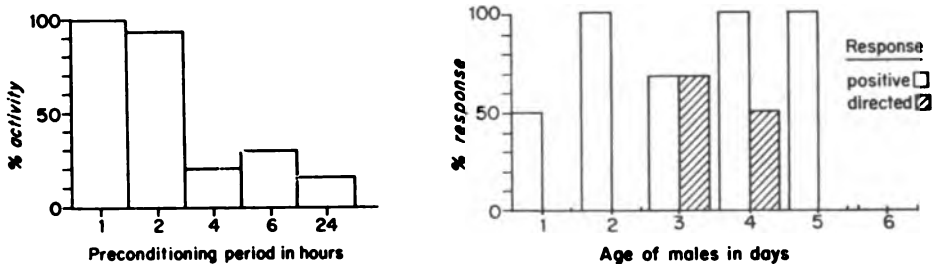


Fig. 3 (left). Conditioning period (in hours) for bioassay apparatus as related to percent activity of males. — Fig. 4 (right). Degree of responsiveness to sex attractant as related to age of males tested where: Directed Response is male upwind orientation to the pheromone source and, Positive Response is any or all of the other "key" responses.

In preliminary tests, adult males of various ages (2, 3, 4, 5, and 6 days old) were tested as to their responsiveness to pheromones. It was found that males older than 6 days were unresponsive to pheromones (Fig. 4); 3- and 4-day-old males not only were active in terms of "key" responses but actually moved to the end of the tube containing an unmated female. Consequently, 3-4 day old males were used in the bioassay studies.

The bioassay tests included the reaction of males to live females (both mated and virgin) as well as to female and male abdominal extracts. The live virgin female tests consisted of placing freshly emerged, vigorous females in small cages which in turn were positioned at the distal ends of the plastic tubes. In other tests, the last 0.3 cm of unmated female abdomens were crushed in a tissue grinder and the residue placed on filter paper. Segments of the treated filter paper then were placed at the distal ends of the plastic tubes; 7 female abdominal tips were used in each test. Alternatively, the potential sex pheromone was obtained by clipping the last 2-3 abdominal segments of 12- to 72-hour-old live females. These abdominal tips were then placed in reagent grade methylene chloride and stored at 7°C until further use. In the bioassay

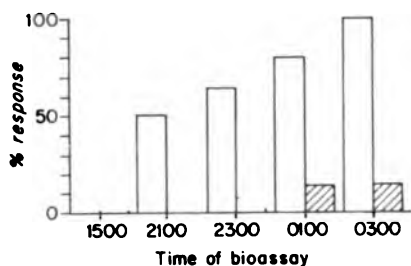


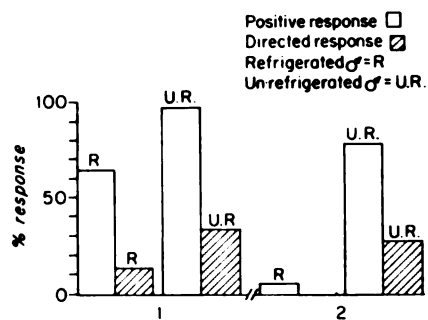
Fig. 5 (left). Degree of male responsiveness as related to the hour of day. — Fig. 6 (right). Responsiveness of refrigerated and unrefrigerated males as related to: 1 = crushed abdominal tips from virgin females and 2 = MeCl<sub>2</sub> extracts of virgin female genitalia.

Preliminary bioassays used males kept in cold storage (10°C) prior to testing; later, two tests were undertaken to determine if cold storage of males affected their responsiveness to sex pheromones. First, 24 males were tested, 12 of the males were chilled and 12 not chilled. Seven abdominal tips from virgin females were used as the pheromone source. Lastly, 12 chilled and 12 non-chilled males were tested as to their responsiveness to MeCl<sub>2</sub> extracts of female genitalia.

### Results

During the 30-day pilot study in Florencia Sur, 27 (25 males and 2 females) *H. grandella* adults were caught in those traps baited with live virgin females;

tests, 1.5 ml of MeCl<sub>2</sub> containing 7 female equivalents of the sex pheromone was dispensed. During bioassay, the mixture was absorbed on cotton; the MeCl<sub>2</sub> was allowed to evaporate before the cotton was placed in the airstream. The laboratory bioassay tests were run between 0100 and 0300 hours as preliminary tests showed that male *H. grandella* were most responsive to baits at this time period (Fig. 5). Recently, however, it was shown (HOLSTEN and GARA 1973) that 100% adult emergence could be obtained during morning hours by a shift in the 12-light: 12-dark cycle. Adult response and flight activity were also shifted by 12 hours. Accordingly, bioassay tests subsequently were carried out between 1300-1500 hours. Bioassay males were never used more than once a day as a decrease in male responsiveness has been observed in lepidopterans used in repeated pheromone tests (BARTELL et al. 1969; DATERMAN 1972). In all tests, one of the five tubes, containing three males, was used as a control, i. e., the candidate treatments were not administered to these males. Each group of three males was tested for 30 seconds. If no response was obtained, the next tube was tested. All insects were tested twice during any given test period. A bioassay was considered as giving a positive response if males became active within 30 seconds after the candidate compounds were introduced into the airstream.



the control failed to trap any of the moths. With the additional four traps and three additional months of field testing, 22 males were caught in those traps baited with live virgin female moths. All other baits, including the controls, were unattractive to *H. grandella*.

After three months of testing in the IICA nursery, 33 male moths were trapped when using live virgin females as bait and two males were caught in the control traps.

### Laboratory studies

Tests utilizing live virgin females resulted in a 75% positive male response. These males displayed



rapid walking, short bursts of flight, and stationary wing vibrations. A few of these stimulated males exhibited copulatory movements including abdominal curvatures and clasping actions of the terminal valvae. All responding males arrived at the darkened tube end. That is, these males, in the presence of the bait, would walk in an excited searching fashion or fly directly to the darkened tube end. The phototactic response which caused the males to rest at the bright end of the tube was overcome by the sex pheromone stimulus. Males responding to the pheromone, by arriving at the darkened tube end, remained at this location as long as the pheromone was present in the airstream. Within 30 seconds of bait removal, the males would walk or fly back to the lighted end of the tube where the moths once again became quiescent.

Sixty-eight percent of the males tested showed a positive response to crushed virgin-female genitalia. In fact, 16% of the responding males flew to the pheromone source — the dark tube end. Males moving to the pheromone source remained there as long as the sex attractant was present in the air stream. On the other hand, males did not respond to caged males or crushed male abdomens. Males also did not respond to crushed abdomens of mated females.

Preliminary tests utilizing MeCl<sub>2</sub> extracts resulted in only a 5% response of males previously stored at 10°C. Later, it was demonstrated that cold storage of males decreased their responsiveness to the sex attractant (Fig. 6). In all cases, the percent male responsiveness was greatly increased by eliminating the cold storage procedure. It was shown that 78% of the males stored under ambient conditions positively responded to the MeCl<sub>2</sub> extracts and 90% of the males positively responded to crushed unmated female genitalia alone. In all of the above studies, males in the control tubes remained motionless at the lighted tube end throughout the bioassays.

## Discussion

### Field tests

There can be little doubt that a female *H. grandella* sex attractant exists; 95% of the male moths trapped were lured to live virgin females. Although only 84 *H. grandella* adults were lured to the traps over a 4-month period, this response is not unrealistically low. It previously has been shown that females present in the surrounding area reduce the effectiveness of a trapping system (BERISFORD et al. 1972). That is, the caged females must compete with naturally occurring virgin females. Also, it should be mentioned that *H. grandella* is never present at any one time in large numbers. No mass attack is necessary to overcome a host; theoretically, one moth can complete its life cycle per host. Coupled with these low population numbers, *H. grandella* also has overlapping generations; thus, few emerging adults exist at any given time.

No *H. grandella* moths yet have been lured to field traps baited with crushed or whole abdominal extracts. It is felt that if these lures were effective, their potency would last for only a short time. DATERMAN (1970) has shown that such baits are active for only two to three days. High temperatures, as found in Turrialba, also decrease the effectiveness of baits (BERISFORD et al. 1972). Consequently, future studies will be undertaken to discover any compounds which might possibly extend the attractiveness of the baits. DATERMAN (1972) found that polyethylene glycol-600-disterate dissolved in MeCl<sub>2</sub> extracts extend the bait attractiveness threefold to the European pine shoot moth. It has been suggested that the MeCl<sub>2</sub> extracts be dissolved in paraffin wax to extend the duration of the bait.

Much work is still needed in trap design. The cylindrical traps utilized in the study, although efficient in luring males, were not exceptionally efficient in capturing insects. SHOREY (1972) has shown this problem to be true with *Trichoplusia ni*. Accordingly, in future studies, a more efficient trapping device will be used.

### Laboratory bioassay

Tests utilizing live virgin females resulted in a 75% male response and in all cases, the males moved to the darkened tube ends. These findings confirmed data from the field tests and showed beyond a doubt that a *H. grandella* sex attractant does exist. The use of live virgin females, in the field as well as in laboratory bioassays, has proven to be the most attractive bait to *H. grandella* males.

When crushed abdomens from virgin females were used, only 16% of the responding males actually flew to the pheromone source. This low directed response was due, to a large extent, by the use of "coldstored" males. It was recently demonstrated that cold storage decreases male responsiveness to the sex attractant. Accordingly, present bioassays only utilize males which are maintained under ambient conditions. Also, the lower directed response possibly was caused by a masking effect of the large amounts of natural body oils found in *H. grandella*; a condition reported in other lepidopterans (JACOBSON 1966). Upwind male orientation to the pheromone source is a behavioral manifestation and has been shown to be directly related to pheromone concentration (KAAE et al. 1973). As exact pheromone concentrations were not used in this study, the low percentage of directed response, in part, could be due to variations in pheromone concentrations during bioassays.

It is suspected that male *H. grandella* moths, while responding to olfactory stimuli, also visually orient to the pheromone source; but it is felt that this visual orientation only occurs within the last few centimeters. All male copulatory attempts were exhibited when a

stimulated male came in close proximity to another moth in the bioassay tubes.

With verification of the female sex attractant, future manipulation of *H. grandella* populations may become a reality. Although the use of live virgin females in field testing is feasible, it is not practical where large scale testing or control measures are to be undertaken. Accordingly, identification of the sex attractant is now under way with future hopes of its synthesis.

#### Acknowledgements

The authors thank PIETER GRIJPMAN formerly of the Forestry Department, Turrialba, Costa Rica, for his cooperation and advice.

#### References

- BARTELL, R. J.; SHOREY, H. H., 1969: A quantitative bioassay for the sex pheromones of *Epiphyas postvittana* (Lep.) and factors limiting male responsiveness. *J. of Insect Physiology* 15, 33-40.
- BERISFORD, C. W.; BRADY, U. E., 1972: Attracting the Nantucket pine tip moth to female sex pheromone. *J. of Econ. Entomol.* 65, 430-433.
- DATERMAN, C. E.; McCOMB, D., 1970: Female sex attractant for survey trapping European pine shoot moth. *J. of Econ. Entomol.* 63, 1406-1409.
- 1972: Sex pheromone bioassay for *Rhyacionia buoliana*. *Ann. of Ent. Soc. of America* 65, 119-123.
- ENTWISTLE, P. F., 1967: The current situation on shoot, fruit and collar borers of the Meliaceae. Presented at the 9th Commonw. Forest. Conference, New Delhi, 1968. *Commonw. Forest Instit., Oxford* 15, 1-9.
- FATZINGER, C. W.; ASHER, W. C., 1971: Mating behavior and evidence for a sex pheromone of *Dioryctria abietella* (Lep.: Pyralidae (Phycitinae)). *Ann. of the Ent. Soc. of America* 64, 612-620.
- GARA, R. I.; ALLAN, G. G.; WILKINS, R. M.; WHITMORE, J. L., 1973: Flight and host selection behaviour of the Mahogany shoot borer, *Hypsipyla grandella* Zeller (Lep.: Phycitidae). *Z. ang. Ent.* 72, 259-266.
- GASTON, L. K.; SHOREY, H. H.; SAARIO, C. A., 1967: Insect population control by the insect pheromones to inhibit orientation between the sexes. *Nature* 213, 1155.
- GRIJPMAN, P., GARA, R. I., 1970: Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* Zeller. I. Host Selection Behavior. *Turrialba* 29, 233-240.
- HIDALGO-SALVATIERRA, O.; BERRIOS, F., 1971: Dieta para lepidopteros. *Turrialba* 21, 214-219.
- HOLSTEN, E. H.; GARA, R. I., 1973: Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* Zeller (Lep.: Pyralidae). XV. Reversal of the light-dark cycle in relation to adult emergence under laboratory conditions. *Turrialba* 23, 106-107..
- JACOBSON, M., 1966: Chemical Insect Attractants and Repellents. *Ann. Rev. of Entomol.* 11, 403-423.
- KAAE, R. S.; SHOREY, H. H., 1972: Sex pheromones of Lepidoptera. XXIX. An improved Double-cone trap for males of *Trichoplusia ni*. *Environ. Entomol.* 1, 675-677.
- GASTON, L. K., 1973: Pheromone concentration as a mechanism for reproductive isolation between two lepidopterous species. *Science* 179, 487-488.
- RAMIREZ SANCHEZ, J., 1966: Apuntes sobre control de *Hypsipyla grandella* Zeller con insecticidas. *Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación* 22, 33-37.
- 1964: Investigación preliminar sobre biología, ecología y control del *Hypsipyla grandella* Zeller. *Boletín del Instituto Forestal Latino Americano de Investigación y Capacitación* 16, 54-77.
- SHOREY, H. H.; GASTON, L. K., SAARIO, C. A., 1967: Sex pheromones of Noctuid moths. XIX. Feasibility of behavioral control by disrupting pheromone communication in cabbage loopers. *J. of Econ. Entomol.* 60, 1541-1545.
- SLIWA, D., BECKER, V. O. 1973. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lep.: Pyralidae (Phycitinae)). Observations on the emergence, activity pattern, mating, and oviposition behaviour of adults in captivity, *Turrialba* 23(3):362-366.

THE COMPARATIVE TOXICITY OF ALDICARB, CARBOFURAN AND THE NATURAL  
TOXICANT OF *TOONA CILIATA* M. ROEM VAR *AUSTRALIS* TO  
FIRST INSTAR LARVAE\*

G. G. Allan  
R. I. Gara  
S. C. Roberts

Professor of Fiber and Polymer Science, Department of  
Chemical Engineering and College of Forest Resources, Univer-  
sity of Washington, Seattle, WA 98195, U.S.A.

Professor of Forest Entomology, College of Forest Resources,  
University of Washington, Seattle, WA 98195, U.S.A.

Research Associate, Department of Chemical Engineering, Uni-  
versity of Washington, Seattle, WA 98195, U.S.A., respectively.

### COMPENDIO

El problema de establecer plantaciones de meliaceas en América Latina en la presen-  
cia del barrenador de los brotes, *Hypsipyla grandella* (Zeller) se discute en relación con  
sustancias tóxicas naturales y la liberación controlada de formas de insecticidas sintéticos,  
y con las dificultades prácticas de evaluar la eficacia de estos materiales.

Las aplicaciones al suelo de dos plaguicidas candidatos, carbamatos sistémicos,  
aldicarb y carbofuran, se encontró que suministraron protección eficaz pero corta a  
plántulas de caoba indígena (*Swietenia macrophylla*) sometidas a ataques por larvas del  
barrenador de los brotes. La medición de la rapidez de acción del aldicarb y carbofuran,  
mediante un nuevo y conveniente procedimiento de ensayo biológico basado en la exposi-  
ción del primer instar de larvas del barrenador a folíolos de plántulas tratadas mostró que  
los tiempos medios letales para alcanzar el 50 por ciento de mortalidad total fueron  
menos de diez horas. La comparación de folíolos que contenían insecticidas con folíolos del  
cedro australiano (*Toona ciliata* var *australis*) demostró que la sustancia tóxica natural  
extremadamente eficaz presente en este árbol es de acción rápida semejante.

#### Introduction

The prowess of the shootborer, *Hypsipyla gran-  
della* (Zeller), in destroying Meliaceae plantations in the  
tropical Americas is comprehensively documented in the  
Proceedings of the First Symposium on Integrated Con-  
trol of *Hypsipyla* (4). Recently, however, the tenacious  
opposition offered by this pest has been overcome in  
Costa Rica in two separate field-scale approaches to the  
establishment of plantations of commercially desirable  
members of this family.

The first field study capitalized on the discovery  
(3-8) that a member of the Meliaceae from the eastern

hemisphere, Australian cedar [*Toona ciliata* M. Roem var  
*australis* (F.v.M.)] was naturally resistant to the shoot-  
borer, *H. grandella*, of the western hemisphere. The  
second field trial was based on the concept of protection  
of indigenous seedlings by systemic insecticides supplied  
over a long period of time by a sustained release formu-  
lation (1, 2, 9).

Although apparently dissimilar, these approaches  
are closely related because in both, the shootborer larvae  
are rapidly killed by a toxicant within the tree. None-  
theless, each has its own inherent advantages and disad-  
vantages which are distinct and different. Thus, the  
active principle within the naturally resistant Australian  
cedar is of course always available regardless of soil or  
climatic conditions. On the negative side, other melia-  
ceous species are commercially much more in demand

\* Originally published in Turrialba 25(3): 255-259. 1975.

and the shootborer may adapt to the natural toxicant of this cedar in the not-too-distant future. On the other hand, while synthetic insecticides must be supplied from an external source, potentially any species can be protected. Furthermore, in the event that *H. grandella* acquires resistance to a particular pesticide, and alternative chemical may be substituted much more rapidly than a new naturally resistant representative of the Meliaceae can be found. Clearly paramount in the process of selection of substitutes, is the need for a simple rapid and reliable bioassay of insecticidal effectiveness.

In our previous evaluations of larvicides (2, 9), potted seedlings of Spanish cedar (*Cedrela odorata* L.) were infested with *H. grandella* eggs collected from naturally infested trees in the field. After five days the damage caused by the emergent larvae was characterized by the number of boreholes in the mainstem (H) and the extent of leaf severance (F). These observations, in combination with the fraction of larvae surviving (N/E) and the condition of the seedling's leader (L) are sufficient for semi-quantitative assessment of the effectiveness of a pesticide in terms of the degree of damage as defined by a damage factor ( $D_F$ ) where

$$D_F = (L/E) [N(H+F) + 1]$$

In this procedure, the timing for attachment of the eggs to the seedlings in relation to the application of insecti-

cides is of course critical, and must be predetermined. This can be accomplished by a bioassay of the toxicity of extracts of the foliage to *Drosophila* sp. However, techniques requiring extraction can be of limited utility in the tropics because of the difficulty in obtaining solvents in many countries of this region. An additional disadvantage of this procedure is that nontoxic seedlings are virtually destroyed by the tunneling larvae. Moreover, complete mortality of larvae of control trees was often observed. This is a consequence of the parasitization of *H. grandella* eggs by predacious ants and spiders. Many larvae also are entombed by exudation of sap from the boreholes. In combination, these effects can be substantial and with the species *Swietenia macrophylla* King, only rarely did more than 30 per cent of the *H. grandella* survive on untreated trees. Furthermore, the surviving larvae are highly mobile and the number of sites with fresh frass does not correlate well with the number of larvae still alive\*. Some of these difficulties can be circumvented by direct force feeding of potential toxicants if a large supply of fifth or sixth instar larvae is available (8).

All of these problems are essentially eliminated by the simple procedure now described for the screening of toxicants for the protection of big leaf mahogany (*S. macrophylla*).

\* Sliwa, D., Personal communication.

Table 1.—The effect of insecticidal protection on the damage caused by *H. grandella* larvae feeding on *S. macrophylla* seedlings.

| Insecticide treatment | Seedling height (cm) | Seedling diameter at base (cm) | N° of emerged larvae (E) | N° of larvae alive 6 days after attack (N) | N° of bore holes in main stem (H) | N° of leaflets severed (F) | Condition of terminal (L)* | Damage Factor (D/F) |
|-----------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------|--|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|
| None                  | 58                   | 1.3                            | 19                       | 3  | 3                                 | 1                          | D                          | 6.8                 |
| None                  | 60                   | 2.0                            | 20                       | 7  | 4                                 | 3                          | D                          | 25                  |
| None                  | 68                   | 2.0                            | 20                       | 8  | 3                                 | 5                          | D                          | 32                  |
| Average               |                      |                                |                          |  |                                   |                            |                            | 21.3                |
| Carbofuran            | 46                   | 1.4                            | 20                       | 0  | 0                                 | 0                          | A                          | 0.05                |
| Carbofuran            | 60                   | 1.7                            | 20                       | 0  | 0                                 | 0                          | A                          | 0.05                |
| Carbofuran            | 70                   | 2.1                            | 19                       | 0  | 0                                 | 0                          | A                          | 0.05                |
| Average               |                      |                                |                          |  |                                   |                            |                            | 0.05                |
| Aldicarb              | 60                   | 1.7                            | 19                       | 0  | 0                                 | 0                          | A                          | 0.05                |
| Aldicarb              | 58                   | 1.9                            | 18                       | 0  | 1                                 | 0                          | D                          | 0.56                |
| Aldicarb              | 62                   | 1.6                            | 20                       | 0  | 0                                 | 0                          | A                          | 0.05                |
| Average               |                      |                                |                          |  |                                   |                            |                            | 0.22                |

\* A, alive; D, dead.

## Material and Methods

Nine vigorously growing potted *S. macrophylla* seedlings averaging 60 cm in height, previously isolated from shootborer attack, were separated into three groups in the greenhouses of the Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Each group was treated with either aldicarb [2-methyl-2-(methylthio)propionaldehyde O-(methylcarbamoyl)oxime], carbofuran (2,3-dihydro-2,2-dimethyl-benzofuran-7-yl N-methylcarbamate) or acetone (10 ml); the insecticides (150 mg/tree) being applied in acetone solution (10 ml) to the surface of the soil. All trees were watered (200 ml) after evaporation of the solvent.

Five days after the application of the pesticides, *H. grandella* eggs (20/seedling) from laboratory-reared insects were attached to each of the seedlings in the vicinity of the growing terminals using pieces of paper toweling. A sticky polymer (Stikum Special, Michel and Pelton Co., Emeryville, CA) was spread around the base of every tree to exclude predators and to prevent migration of the mobile larvae. The larval emergence and damage sustained by the seedlings were then recorded daily.

Twelve days after the pesticide treatment, samples of young leaflets were taken from each of the seedlings for the bioassay of their intrinsic toxicity. The leaflets were transferred into five small clear polystyrene boxes (2.5 x 2.5 x 2 cm), resistant to larval boring, and after 2 h. the water which had condensed on the interior walls was removed using paper towels. First instar shootborers (5/box) were then placed on the leaflets and the mortality of the larvae was noted at various time intervals. For

comparison, leaflets from *C. odorata* and *T. ciliata* were similarly tested. Time-mortality curves analogous to dose-mortality curves were constructed to estimate the mean lethal times ( $LT_{50}$ ) for the various samples.

The persistence of insecticidal activity in the seedlings was determined 25 days after the original insecticide application by reinfestation with first instar larvae (3/tree) and monitoring of their shootboring activity.

## Results and discussion

The results of the bioassays of insecticidal effectiveness of big leaf mahogany seedlings are shown in Table 1. For short term protection, both aldicarb and carbofuran had damage factor values less than 1.0 which is indicative of excellent protection. However, this level of toxicity was not maintained through the period of subsequent infestation (25 days) although it had been previously demonstrated (2, 9) that carbofuran at half (75 mg) this application level gave excellent protection of *C. odorata* for at least 21 days. Obviously, from the data in Table 2, neither aldicarb nor carbofuran provided extended control of the shootborer larvae on the *S. macrophylla* seedlings. Clearly, a sustained release of the active chemical is necessary for either of these pesticides to have value in shootborer control. Moreover, since even one hole in the unsprouted terminal of a mahogany seedling will arrest the growth of the new shoot it is also imperative that the internal pesticide concentration in the plant be sufficiently high to kill any intruding larvae quickly. Thus, although all of the *H. grandella* died in the initial infestation of the aldicarb treated trees one larva bored deep enough to stunt the growth of the terminal shoot of one of the trees. During the screening

Table 2.—Summation of the damage to *S. macrophylla* seedlings from reinfestation with *H. grandella* larvae 25 days after original application of insecticide.

| Insecticide treatment | Nº of larvae applied (E) | Nº of larvae alive 5 days after attack (N) | Nº of bore holes in main stem (H) | Nº of leaflets severed (F) | Condition of terminal (L)* | Damage Factor (D) F |
|-----------------------|--------------------------|--|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|
| Carbofuran            | 3                        | 0  | 0                                 | 0                          | A                          | 0.25                |
| Carbofuran            | 3                        | 0  | 0                                 | 0                          | A                          | 0.25                |
| Carbofuran            | 3                        | 1  | 1                                 | 0                          | D                          | 5.0                 |
| Average               |                          |  |                                   |                            |                            | 1.84                |
| Aldicarb              | 3                        | 1  | 1                                 | 0                          | D                          | 5.0                 |
| Aldicarb              | 3                        | 1  | 1                                 | 0                          | D                          | 5.0                 |
| Aldicarb              | 3                        | 1  | 0                                 | 0                          | A                          | 0.25                |
| Average               |                          |  |                                   |                            |                            | 3.42                |

\* A, alive; D, dead.

of trichlorfon, Monitor and dicrotophos for control of *H. grandella* in *C. odorata* similar destruction of terminals occurred despite the extermination of all larvae (2). The rapidity of action of the insecticide is therefore of crucial importance and a bioassay procedure to assess this factor semi-quantitatively was obviously necessary.

This was devised by measuring larval mortality as a function of time and the data obtained are summarized in Table 3. From this it is apparent that aldicarb provided a very rapid kill of the larvae in *S. macrophylla* although not as fast as that previously reported for the pesticide methomyl, (S-methyl N-[methylcarbamoyl oxy]-thioacetimidate), in *C. odorata* (2). The time dependence of larval mortality for each pesticide can be converted to a characteristic constant,  $LT_{50}$ , the time required to attain 50 per cent mortality, by construction of a plot of percentage mortality as a function of the

Table 3.—The effect of insecticidal protection on the time dependency of the mortality of *H. grandella* larvae feeding on *Meliaceae* leaflets.

| Host species          | Insecticide applied | Percentage larval mortality after |    |     |     |     |      |
|-----------------------|---------------------|-----------------------------------|----|-----|-----|-----|------|
|                       |                     | 2h                                | 5h | 8h  | 24h | 50h | 192h |
| <i>S. macrophylla</i> | None                |                                   |    | 0   | 0   | 0   | 20   |
|                       | None                |                                   |    | 0   | 0   | 0   | 40   |
|                       | None                |                                   |    | 20  | 20  | 20  | 60   |
|                       | Average             |                                   |    | 7   | 7   | 7   | 40   |
|                       | Carbofuran          |                                   |    | 40  | 100 | 100 | 100  |
|                       | Carbofuran          |                                   |    | 100 | 100 | 100 | 100  |
|                       | Carbofuran          |                                   |    | 20  | 40  | 60  | 80   |
|                       | Average             |                                   |    | 53  | 80  | 87  | 93   |
|                       | Aldicarb            |                                   |    | 80  | 100 | 100 | 100  |
|                       | Aldicarb            |                                   |    | 80  | 100 | 100 | 100  |
|                       | Aldicarb            |                                   |    | 50  | 100 | 100 | 100  |
| Average               |                     |                                   | 70 | 100 | 100 | 100 |      |
| <i>T. ciliata</i>     | None                | 0                                 | 20 |     | 80  |     |      |
|                       | None                | 0                                 | 40 |     | 60  |     |      |
|                       | None                | 33                                | 33 |     | 67  |     |      |
|                       | Average             | 11                                | 31 |     | 69  |     |      |
| <i>C. odorata</i>     | None                | 0                                 | 0  |     | 0   |     |      |
|                       | None                | 0                                 | 0  |     | 0   |     |      |
|                       | None                | 0                                 | 0  |     | 0   |     |      |
|                       | Average             | 0                                 | 0  |     | 0   |     |      |

logarithm of the exposure time. The  $LT_{50}$  values calculated and listed in Table 4 confirm that both aldicarb and carbofuran are capable of protecting big leaf mahogany with comparable rapidity of action. Using the same procedure, the natural toxicant present in Australian cedar was shown to be about as effective as a larvicide. Obviously under the abbreviated test protocol used in the research, the  $LT_{50}$  values probably do not have the precision necessary to unequivocally distinguish between these three fast-acting toxicants.

Table 4.—A comparison of the larval toxicity of the foliage of untreated *T. ciliata* with *S. macrophylla* treated with aldicarb and carbofuran.

| Species               | Toxic principle   | Average mean lethal time $LT_{50}$ , h |
|-----------------------|-------------------|--|
| <i>T. ciliata</i>     | Component of tree | 10                                     |
| <i>S. macrophylla</i> | None              | >192                                   |
|                       | Aldicarb          | 4                                      |
|                       | Carbofuran        | 8                                      |

Nonetheless, the bioassay of leaflet toxicity does in general permit the speedy evaluation of insecticides. Moreover it is manipulatively easier, faster, less ambiguous and more informative than methods based on larval infestation of seedlings. It can therefore be strongly recommended.

### Summary

The problem of establishing plantations of *Meliaceae* in Latin America in the presence of the shootborer, *Hypsipyla grandella* Zeller is discussed in terms of natural toxicants and controlled release forms of synthetic insecticides and the practical difficulties of assessment of the effectiveness of these materials.

Soil applications of two candidate systemic carbamate pesticides, aldicarb and carbofuran, have been found to provide effective but short-term protection to indigenous bigleaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) seedlings subject to attacks by shootborer larvae. Measurement of the rapidity of action of aldicarb and carbofuran by a convenient bioassay procedure based upon the exposure of first instar shootborer larvae to leaflets from treated seedlings showed that the mean lethal times to attain 50 per cent larval mortality were less than 10 h. Comparison of the insecticide-containing leaflets with leaflets from Australian cedar (*Toona ciliata* var *australis*) demonstrated that the extremely effective natural toxicant present in this tree is similarly rapid in its action.

### Acknowledgements

Thanks are tendered to P. Grijpma, for his diligent assistance during the course of his study, to Drs. O. Hidalgo-Salvatierra and W. Albertin for their unfailing cooperation, and to the Departments of Forestry and Plant Sciences of CATIE for the use of laboratory and greenhouse facilities.

### Literature cited

1. ALLAN, G. G. and NEOGI, A. N. Controlled release pesticides. Part 4. Diffusion solid polymeric solutions. *International Pest Control* 14(4):21-27. 1972.
2. ———, GARA, R. I. and WILKINS, R. M. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* Zeller. II. The evaluation of some systemic insecticides for the control of larvae in *Cedrela odorata* L. *Turrialba* 20(4):478-486. 1970.
3. GARA, R. I., ALLAN, G. G., WILKINS, R. M. and WHITMORE, J. L. Flight and host selection behavior of the mahogany shootborer, *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepid., Phycitidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 72:259-266. 1972.
4. GRIJPMA, P. (Coordinator). Proceedings of the First Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*, March 5-12, 1973. Turrialba, Costa Rica, IICA-CTEI. 1973. p. ir.
5. GRIJPMA, P. Immunity of *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F.v.M.) C.D.C. and *Khaya ivorensis*. A. Chev. to attacks of *Hypsipyla grandella* Zeller in Turrialba, Costa Rica. *Turrialba* 20(1):85-93. 1970.
6. ——— and GARA, R. I. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* Zeller. II. Host preference of the larvae. *Turrialba* 20(2):242-247. 1970.
7. ——— and RAMALHO, R. *Toona* spp. posibles alternativas para el problema del barrenador *Hypsipyla grandella* de las Meliaceae en América Latina. *Turrialba* 19(4):531-547. 1969.
8. ——— and ROBERTS, S. C. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lep. Pyralidae). XXVII. Biological and chemical screening for the basis of resistance of *Toona ciliata* M. J. Roem. var. *australis*. *Turrialba* 25(2):152-159. 1975.
9. WILKINS, R. M. Suppression of the shootborer *Hypsipyla grandella* Zeller with controlled release insecticides. Ph.D. Thesis. University of Washington, Seattle, WA. 1972.

ANALISIS DE 12 PLANTACIONES  
DE *TOONA CILIATA* EN  
TURRIALBA, COSTA RICA \*

Augusto Otárola  
Jacob L. Whitmore  
Rodolfo Salazar

Dasónomos, CATIE

Co-Director, Proyecto de FAO  
Diversificación Agrícola  
Turrialba, Costa Rica

ABSTRACT

Twelve plantations of *Toona ciliata*, ranging from two to seven years of age, were studied in an effort to re-evaluate the potential of this species for industrial forest tree plantations in Turrialba, Costa Rica. Branching, wood quality, coppicing, site sensitivity and growth were the principal aspects studied.

The conclusions reached indicate that, with certain reservations, *Toona ciliata* var. *australis* could become an important exotic cabinet wood species for a plantation program in Turrialba and similar areas. The growth rate is excellent on optimum sites, at least through the fourth year. *Toona* is not too site specific, although site quality certainly affects growth. The occurrence and effect of branches can be controlled silviculturally. Phytosanitary problems are not yet an important factor in Turrialba. Thinning results in fast-growing well-formed coppice shoots. The wood of fast-grown stems seven years old or less is of very light density, but wood of older stems, it is speculated, would perhaps be of satisfactory quality.

Durante los últimos diez años se ha puesto mucho interés en *Toona ciliata* M. Roem. para plantaciones forestales en América Tropical y Subtropical y otros lugares donde esta especie no es nativa (1, 10). Esto se debe principalmente a:

1. problemas silviculturales con la plantación de *Cedrela* spp.,
2. problemas entomológicos causados por el barrenador *Hypsipyla grandella* Zeller, que afecta muchas especies americanas de la familia Meliaceae, incluyendo *Cedrela* spp.,
3. la supuesta semejanza entre *Toona* y *Cedrela* en calidad de madera, por ejemplo, debido a parentesco muy cercano (*Toona* antes fue clasificada taxonómicamente como parte del género *Cedrela*),
4. el éxito de *Toona ciliata* por su rápido crecimiento y resistencia al barrenador.

Se sabe que *Toona ciliata* tiene varias ventajas. Crece muy rápidamente bajo condiciones óptimas. No es tan exigente en cuanto a sitio como *Cedrela odorata* L. Puede crecer con mucha rapidez aún bajo fuerte sombra, aunque el tallo tuerce buscando la luz que deja pasar la

copa de los árboles. Entonces serviría muy bien para plantaciones de enriquecimiento en bosques donde la copa de los árboles deja pasar los rayos solares (3, 15).

Se sabe que *T. ciliata* tiene muy pocos problemas fitosanitarios en Turrialba hasta ahora, y que es tóxico al barrenador *Hypsipyla grandella* (6, 7). Sin embargo, aunque no sufre una de las consecuencias del ataque, que es la ramificación en la copa en árboles jóvenes, adolece de la presencia de muchas ramas. Plantaciones de 2-7 años de edad en Turrialba, y de 5-8 en Hawaii presentan ramas a lo largo de los tallos aún sin ser atacadas, lo que no ocurre en *Cedrela* sin ataque. Hay conflictos de opinión sobre la necesidad de poda (3, 11, 14).

Otros problemas con insectos y enfermedades se han reportado (4, 13, 15), pero son aparentemente de poca importancia en Turrialba hasta ahora.

También hay conflictos de opinión sobre la adaptabilidad, o plasticidad de la especie. Un informe (8) indicó que *T. ciliata* crece bien sobre "una gran variedad de sitios". Pero, Párraga (11) encontró un crecimiento pobre en las colinas y mejor en las partes planas. La especie aparentemente requiere suelos fértiles y bien drenados, de preferencia en las bajuras. Se adapta bien a



suelos calcáreos y no tolera la presencia de arcilla compactada o arena de poca fertilidad (3).

Walters y Wick (14) informaron sobre un aspecto muy positivo de la *Toona* y es su tendencia de rebrotar al ser cortado. Estos rebrotes son vigorosos y rectos en plantaciones hawaianas.

En cuanto a calidad de madera hay poca información, especialmente sobre árboles crecidos muy rápidamente. Record y Hess (12) consideran las maderas de *Cedrela* y *Toona* sin diferencias importantes, o sea iguales en color, olor, resistencia a insectos y hongos, anatomía y utilidad. Quiere decir que *T. ciliata* tiene una calidad de madera muy útil. Pero se supone que esta conclusión estuvo basada en muestras de maderas de bosque natural. Hace falta demostrar que las plantaciones de muy rápido crecimiento arrojen también madera de calidad deseada.

Además, las conclusiones de los cuatro informes principales sobre *T. ciliata*, en la región de Turrialba (4, 5, 8, 11) fueron basados en el análisis de plantaciones muy jóvenes (menos de 2 años). Es necesario pues, examinar nuevamente el comportamiento de *T. ciliata* en Turrialba, usando árboles de más edad.

### Objetivos

El propósito de este estudio es re-evaluar la importancia de *Toona ciliata* como especie forestal para plantación en zonas húmedas bajas tropicales como Turrialba, y resolver en lo posible algunas dudas o preguntas que existen. Específicamente:

1. Qué importancia tiene la ramificación en *Toona ciliata*?
2. Qué peso específico tiene la madera en árboles de esta especie de crecimiento muy rápido?
3. Sobre cuáles sitios puede crecer *T. ciliata* con buen comportamiento?
4. Con qué rapidez crecen los rebrotes de *T. ciliata*?
5. Dadas las ventajas y desventajas, qué futuro tiene esta especie para plantaciones en zonas semejantes a la región de Turrialba?

### Métodos

Durante los últimos 8 años, *Toona ciliata* ha sido sembrada en varios lotes experimentales a escala piloto, en el Cantón de Turrialba\*. Antes de 1967 esta especie no fue sembrada en la región de estudio (7). Para re-evaluar el potencial de esta especie se analizaron, en enero y febrero de 1975, doce plantaciones que representan una variedad de sitios. Las mejores plantaciones de esta espe-

cie en Turrialba están incluidas en estas doce, pero también por lo menos cuatro de las doce son de crecimiento pobre. Las doce incluyen 1 de dos años, 7 de cuatro años, y 4 de siete años de edad, haciendo un total de 540 árboles. La razón principal de escoger estas 12 plantaciones fue la de disponibilidad de datos: cada una tiene un record completo de fecha de siembra, variedad y tratamientos.

Las 3 plantaciones de Florencia Sur de 4 años de edad son las únicas de *T. ciliata* var. *ciliata*. Representan tres maneras distintas de preparar el sitio anterior a la siembra: quemada (quemar la vegetación), franjas (rozar líneas para sembrar dentro de ellas) y ruedas (rozar solo un pequeño círculo para sembrar un árbol dentro del círculo). Las demás plantaciones estudiadas representan *T. ciliata* var. *australis* (F.v.M.). C.D.C., sembradas en forma convencional.

Algunas de las plantaciones han sido raleadas. Se sabe que los árboles jóvenes de *T. ciliata* rebrotan muy rápidamente después de ser cortados, el presente informe incluye también datos acerca de rebrotes.

El trabajo de campo ha consistido en mediciones de altura, DAP, número y grosor de ramas y supervivencia. También se trató de evaluar calidad de sitio a través de caracteres físicos de suelo. La calidad de sitio se determinó empleando el pentrómetro, el cual da un estimado cuantitativo de la condición física del suelo.

La calidad de madera de *T. ciliata* var. *australis* se determinó a través del peso específico de seis de los árboles más grandes (3 de cuatro años, 3 de siete años de edad, 3 muestras de cada árbol). La calidad de madera está muy relacionada con el peso específico, el cual se determinó con un barreno y el peso seco/volumen verde. La comparación se hizo con el peso específico de *Cedrela odorata* y con resultados del Laboratorio de Maderas.

La medida del número de ramas se estratificó entre los primeros tres metros a partir del nivel del suelo y los siguientes tres metros del tallo. Los datos sobre DAP y ramas no fueron medidos en la plantación de San Juan Sur, por su corta edad (2 años) imposibilita cuantificarla. Es de anotar que en la plantación de San Juan Sur existe una gran diferencia entre los árboles sembrados en la colina, y aquéllos que fueron sembrados de la parte baja: los de la colina crecieron muy poco, razón por la cual no se consideró mediciones.

### Resultados y Discusión

En plantaciones de 7 años de edad, el promedio más bajo de altura fue de 9,65 m (Puente Cajón). El crecimiento medio anual de altura se estima como 1,39 m/año. Puente Cajón tiene condiciones de drenaje imperfecto que pueden ser la causa de este crecimiento lento. El promedio más alto fue de 14,24 m (Florencia Sur), un incremento medio anual de 2,03 m/año, valor que como se aprecia es considerablemente superior al anterior sitio (Cuadro 1).

\* "Aproximadamente 600 m de altitud, 2800 mm de lluvia anual y 22 C de temperatura: bosque muy húmedo premontano, según Holdridge".

Cuadro 1. Características del crecimiento de *Toona Ciliata* en parcelas de ensayo en la región de Turrialba, Costa Rica. Promedio y error estándar de la media de algunos estimadores de la población entera. Medidos en enero y febrero de 1975.

| Sitio                  | Variiedad | Edad (años)     | Altura (m)              | DAP (cm)                | N° Ramas <sup>2/</sup> (0-3 m) | N° Ramas <sup>2/</sup> (3-6 m) | Grosor ramas (cm)      | N° árboles |
|------------------------|-----------|-----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|------------|
| Atirro                 | australis | 7               | 11,02 <sup>±</sup> 0,38 | 12,45 <sup>±</sup> 0,56 | 4,20 <sup>±</sup> 0,86         | 4,35 <sup>±</sup> 0,33         | 2,14 <sup>±</sup> 0,09 | 68         |
| Atirro (1)             | australis | 4               | 10,89 <sup>±</sup> 0,22 | 13,30 <sup>±</sup> 0,35 | 2,00 <sup>±</sup> 1,00         | 5,86 <sup>±</sup> 0,58         | 2,17 <sup>±</sup> 0,10 | 50         |
| Atirro (3)             | australis | 4               | 9,29 <sup>±</sup> 0,32  | 9,34 <sup>±</sup> 0,32  | 2,94 <sup>±</sup> 0,50         | 5,61 <sup>±</sup> 0,43         | 2,22 <sup>±</sup> 0,09 | 50         |
| Bajo Reventazón        | australis | 7               | 12,91 <sup>±</sup> 1,26 | 12,50 <sup>±</sup> 1,33 | 5,66 <sup>±</sup> 2,90         | 8,50 <sup>±</sup> 1,45         | 2,16 <sup>±</sup> 0,30 | 6          |
| Flor. Sur (Franjas)    | ciliata   | 4               | 7,86 <sup>±</sup> 0,46  | 7,69 <sup>±</sup> 0,54  | 9,72 <sup>±</sup> 0,88         | 9,33 <sup>±</sup> 0,74         | 1,86 <sup>±</sup> 0,09 | 36         |
| Flor. Sur (Quemada)    | ciliata   | 4               | 6,72 <sup>±</sup> 0,29  | 9,66 <sup>±</sup> 0,44  | 7,67 <sup>±</sup> 0,72         | 10,43 <sup>±</sup> 0,64        | 2,71 <sup>±</sup> 0,10 | 58         |
| Flor. Sur (Ruedas)     | ciliata   | 4               | 6,98 <sup>±</sup> 0,41  | 7,41 <sup>±</sup> 0,49  | 8,54 <sup>±</sup> 0,98         | 6,42 <sup>±</sup> 0,41         | 2,24 <sup>±</sup> 0,13 | 39         |
| Flor. Sur              | australis | 7               | 14,24 <sup>±</sup> 0,49 | 15,34 <sup>±</sup> 0,89 | 5,00 <sup>±</sup> 0,55         | 3,76 <sup>±</sup> 0,35         | 3,25 <sup>±</sup> 0,26 | 43         |
| Oriente                | australis | 4 <sup>1/</sup> | 15,14 <sup>±</sup> 0,47 | 19,83 <sup>±</sup> 0,69 | 6,73 <sup>±</sup> 0,71         | 6,95 <sup>±</sup> 0,56         | 3,66 <sup>±</sup> 0,14 | 48         |
| Puente Cajón           | australis | 7               | 9,65 <sup>±</sup> 0,25  | 13,49 <sup>±</sup> 0,46 | 2,11 <sup>±</sup> 0,38         | 6,34 <sup>±</sup> 0,66         | 2,64 <sup>±</sup> 0,14 | 60         |
| San Juan Sur           | australis | 2               | 2,76 <sup>±</sup> 0,49  | -----                   | -----                          | -----                          | -----                  | 72         |
| Vivero Diversificación | australis | 4               | 11,85 <sup>±</sup> 0,53 | 26,55 <sup>±</sup> 1,37 | 2,42 <sup>±</sup> 0,68         | 10,80 <sup>±</sup> 0,85        | 3,25 <sup>±</sup> 0,30 | 10         |

1/ 4.6 años

2/ Promedio de árboles con ramas

En cuanto a DAP, el estimador más bajo fue de 12,45 cm que representa un crecimiento medio anual de 1,78 cm/año y pertenece al rodal de la localidad de Atirro. El promedio más alto se ha conseguido en la parcela de Florencia Sur con un valor de 15,34 cm. Esto representa un incremento medio anual de 2,19 cm/año, valor que definitivamente es mejor que la plantación de Atirro, demostrando con ello un buen desarrollo inicial de su diámetro (Cuadro 1).

En general la evolución de las parcelas estudiadas en cuanto a diámetro y altura es muy variable, encontrándose desde lotes con desarrollo poco deseable hasta lotes con desarrollo satisfactorio para los 7 años de edad.

Las plantaciones de 4 años de edad también muestran gran variabilidad en altura y DAP, incluyendo las mejores plantaciones según el análisis. El valor promedio de altura más bajo ha correspondido a la localidad de Florencia Sur, en donde la parcela fue establecida bajo el sistema de preparación del terreno con "quema" y es de 6,72 m de altura para los 4 años de edad, que representa una tasa de crecimiento de 1,68 m/año. En cambio el promedio más elevado se ha conse-

guido en el lote de la localidad de Oriente con 15,14 m que representa un incremento medio anual de 3,29 m/año, como se aprecia, es vigoroso y superior a las demás parcelas estudiadas (Cuadro 1).

El diámetro promedio más bajo fue de 7,41 cm (1,86 cm/año) y corresponde a la parcela de Florencia Sur, sembrada bajo el sistema de "ruedas". El promedio diamétrico más elevado se ha juzgado en la del vivero de Diversificación Agrícola con 26,5 cm, que representa un crecimiento medio anual de 5,86 a 7,41 cm/año, valor que está significativamente por encima de lo que se esperaba. Parece ser que este desarrollo vigoroso ha tenido relación con el raleo intensivo y con el excelente suelo del rodal (Cuadro 1).

Estratificando por edad y variedad (Cuadro 2), estos datos se ven más claramente. Entre las plantaciones de 4 años de edad, las de *Toona ciliata* var. *ciliata* son las peores. Esto indica una posible mala adaptabilidad de esta variedad, aunque no es justa la comparación por la variación del factor sitio, y por la falta de una prueba replicada con las dos variedades como tratamientos.

Cuadro 2. Resumen de los doce sitios por variedad y edad de *Toona ciliata*.

| Variedad                       | Edad (años) | Promedio altura (m) | Promedio DAP (cm) | N° de árboles |
|--------------------------------|-------------|---------------------|-------------------|---------------|
| <i>australis</i><br>(1 sitio)  | 2           | 2,78                | ---               | 72            |
| <i>australis</i><br>(4 sitios) | 4           | 11,74               | 14,87             | 158           |
| <i>ciliata</i><br>(3 sitios)   | 4           | 7,10                | 8,47              | 133           |
| <i>australis</i><br>(4 sitios) | 7           | 11,40               | 13,51             | 177           |

Es de gran interés notar que algunas de las plantaciones de 4 años de edad son mayores en altura y DAP que las de 7 años. Se encontró que los árboles más altos corresponden al rodal de Oriente, y los de mayor DAP son los del vivero de Diversificación Agrícola, dos de las plantaciones de 4 años. Podría esto indicar que después de 4 ó 5 años *Toona ciliata* var. *australis* crece

más lentamente? Es probable que el sitio sea el factor principal. La falta de datos de mediciones anuales y la variación del factor sitio, no nos permite un conocimiento cabal de nuestras apreciaciones. Es importante continuar con la observación de estas doce plantaciones con mediciones anuales durante los próximos 3 años para poder contestar mejor esta pregunta. Por el momento, se puede concluir que el crecimiento sobre buenos sitios es satisfactorio por lo menos hasta los 4 primeros años.

El número, grosor y persistencia de ramas parece ser un factor importante que afectaría la calidad de los productos. La presencia de ramas en los primeros 3 m del tallo (Cuadro 1) en árboles hasta 20 m o más de altura, indica una falta de poda natural y la necesidad de poda artificial temprana (Figura 1). Generalmente, el tallo principal se mantiene recto a pesar de esta ramificación.

No se observó ningún ataque por insectos u hongos de importancia, con la excepción de un tipo de muerte regresiva ("dieback") en los peores sitios (Figura 2).



Fig. 1. Rodal de *T. ciliata* var. *australis* de 4 años de edad, en la localidad de Oriente. Estos árboles, muy bien establecidos sobre un sitio óptimo, debieron haber sido podados durante el segundo año.



**Fig. 2.** Rodal de *T. ciliata* var. *australis* de 7 años de edad en la localidad de Puente Cajón, en suelo con drenaje imperfecto. Los árboles crecieron bien en los 3 a 4 primeros años, pero actualmente sufren por la muerte regresiva.



**Fig. 3.** Rodal de *T. ciliata* var. *australis* de 4 años de edad en el vivero de Diversificación Agrícola. El suelo es de excelente calidad. El rodal ha sido raleado dos veces, con rebrotes vigorosos como resultado.

Las plantaciones que fueron raleadas mostraron una tendencia vigorosa de rebrotar. La edad promedio de altura y DAP de los rebrotes de tres de estas 12 plantaciones se presentan en el Cuadro 3. Diversificación Agrícola de Turrialba ha cosechado rebrotes de 18 meses de edad con la finalidad de usar como puntales para el cultivo de banano, aunque la madera sea muy débil para este uso. También se encontró que al cortar los rebrotes, segundos rebrotes crecen vigorosamente (Figura 3), aunque muchos de ellos no rebrotan por segunda vez (Cuadro 3).

Cuadro 3. Edad y promedio de altura de rebrotes de *Toona ciliata* var. *australis* en Puente Cajón (suelo pobre) y en el vivero de Diversificación Agrícola (suelo óptimo).

| Sitio                              | Edad <sup>1/</sup> | Promedio<br>Altura<br>(m) | %Arboles cortados<br>que no rebrotaron |
|------------------------------------|--------------------|---------------------------|--|
| Puente Cajón                       | 57                 | 4,34                      | 0,0                                    |
| Vivero de Diversificación Agrícola |                    |                           |  |
| (Primeros rebrotes)                | 18                 | 6,09                      | 1,43                                   |
| (Segundos rebrotes)                | 9                  | 3,24                      | 45,71                                  |
| Atirro                             | 47                 | 6,66                      | 0,0                                    |

1/ Desde el raleo: en meses

El peso específico de algunos de los mejores (más grandes) árboles de estas 12 plantaciones resultó ser entre 0,24 – 0,34 (4 años) y 0,32 – 0,37 (7 años). Un análisis más detallado en el Laboratorio de Maderas del CATIE dió 0,261 como el peso específico de árboles de 4 años del vivero de Diversificación Agrícola. *Cedrela odorata* de bosque nativo tiene un peso específico de más o menos 0,45 (9). El cambio entre 4 y 7 años es prometedor: es probable que una rotación de 15 – 20 años daría madera cerca al 0,45 lo cual sería muy satisfactorio. *Toona* de Hawaii de 22 años de edad tuvo un peso específico de 0,35 – 0,40 (16).

De los datos se ve que *T. ciliata* varía mucho de un sitio a otro, pero por lo general la comparación es favorable para datos de Hawaii y de Africa (Cuadro 4). Esta variación podría ser debido al factor suelo. Pero el análisis de factores físicos de los suelos en cada sitio con el penetrómetro dió resultados inconclusos en cuanto a variaciones entre sitios en Turrialba.

Cuadro 4. Crecimiento en altura (m) y diámetro (cm) en Turrialba comparado con Hawaii y Africa (2, 3).

| Sitio                   | Años de<br>edad | Altura | DAP | Nº de<br>árboles |    |
|-------------------------|-----------------|--------|-----|------------------|----|
| Africa <sup>1/</sup>    | 2               | 3      | 4   | —                |    |
|                         | 3               | 5      | 7   | —                |    |
|                         | 6               | 10     | 17  | —                |    |
|                         | 9               | 14     | 25  | —                |    |
|                         | 15              | 22     | 40  | —                |    |
| Hawaii <sup>2/</sup>    | 1               | 1      | —   | 411              |    |
|                         | 3               | 4      | —   | 302              |    |
|                         | 4               | 5      | —   | 307              |    |
| Turrialba <sup>2/</sup> |                 |        |     |                  |    |
|                         | San Juan Sur    | 2      | 3   | —                | 72 |
|                         | Oriente         | 4      | 15  | 20               | 48 |
|                         | Atirro          | 4      | 11  | 13               | 50 |
|                         | Florencia Sur   | 7      | 14  | 15               | 43 |
|                         | Bajo Reventazón | 7      | 13  | 12               | 6  |

1/ *Toona ciliata*: edad desde la germinación, comportamiento esperado bajo condiciones óptimas.

2/ *Toona ciliata* var. *australis*: edad desde la plantación en el campo, comportamiento actual.

### Conclusiones

Sobre sitios óptimos, *T. ciliata* var. *australis* crece con excelente rapidez y forma, su desventaja parece ser la tendencia de ramificación. Las ramas no afectan la rectitud del tallo principal, y pueden ser eliminadas con poda artificial. Esta variedad tiene una plasticidad amplia, aparentemente más que *T. ciliata* var. *ciliata* y mucho más que *Cedrela odorata*, en cuanto a sensibilidad al factor sitio. Sobre sitios medianos, el crecimiento de la variedad *australis* es aceptable. En sitios pobres de nutrientes o drenaje el árbol no crece, o tiene problemas de la muerte regresiva después de un buen crecimiento inicial.

Se determinó que las plantaciones de 7 años no superan en tamaño a las de 4, en consecuencia es preciso examinar la causa. No se sabe con seguridad si fue debido al factor sitio (el más probable) o debido a una baja tasa de crecimiento después del cuarto año debido a factores también desconocidos.

Hasta ahora no se han detectado problemas fitosanitarios con *Toona* en la región de Turrialba, excepto la muerte regresiva para los peores sitios.

Al ser raleado un rodal, los árboles restantes crecen con más vigor y los cortados rebrotan fuertemente. Los rebrotes crecen muy bien, aún en la sombra de árboles más grandes mientras haya luz vertical.

La madera de árboles de 4 a 7 años, bajo condiciones óptimas de rápido crecimiento, es muy liviana. Para la mayoría de usos, *Toona* no debe ser cosechada antes de los 15 o quizás 20 años.

El factor sitio merece más estudio. Por ahora nos limitamos a concluir que un suelo rico y bien drenado aproxima el sitio óptimo para *Toona ciliata* var. *australis* aunque se trata de una especie plástica, no muy exigente.

Con estos resultados, la variedad *australis* debe continuar en la lista de especies prometedoras para la región de Turrialba y áreas de condiciones semejantes. Sin embargo, no se puede recomendar plantación en gran escala sin más investigaciones.

#### REFERENCIAS

1. CARLSON, N.K. Honaunau forest. *American Forests* 66(4):16-19, 53, 55, 58. 1960.
2. \_\_\_\_\_, and BRYAN, L.W. The Honaunau forest: and appraisal after seven years of planting. *Journal of Forestry* 61(9):643-647. 1963.
3. CEDRELA ODORATA Linné et *Toona ciliata* M. Roem. caracteres sylvícolas et méthodes de plantación. *Bois et Forêts des Tropiques*. No. 81:29-34. 1962.
4. GRIJPMAN, P. y RAMALHO, R. *Toona* spp., posibles alternativas para el problema del barrenador *Hypsipyla grandella* de las Meliáceas en América Latina. *Turrialba* 14(4):531-547. 1969.
5. \_\_\_\_\_. Immunity of *Toona ciliata* M. Roem, var. *australis* (F.v.M.) C.D.C. and *Khaya ivorensis* A. Chev. to attacks of *Hypsipyla grandella* Zeller in Turrialba, Costa Rica. *Turrialba* 20(2):241-247. 1970.
6. \_\_\_\_\_ and GARA, R.I. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* Zeller II. Host preference of the larva. *Turrialba* 20(2):241-247. 1970.
7. \_\_\_\_\_ and ROBERTS, S.C. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lep., Pyralidae). XXVII. Biological and chemical screening for the basis of resistance of *Toona ciliata* M. J. Roem. var. *australis*. *Turrialba* 25(2):152-159. 1975.
8. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS. Un proyecto de plantaciones industriales para Costa Rica. Borrador preliminar. Turrialba, Costa Rica, IICA. 24 p. 1970.
9. LONGWOOD, F.R. Puerto Rico woods their machining, seasoning, and related characteristics. USDA-Forest Service. Agricultural Handbook No. 206. 98 p. 1961.
10. MANGIERI, H.R. Una nueva especie forestal de gran valor maderero para Argentina: *Toona ciliata* var. *australis*. *Revista Forestal Argentina* 16(3-4):130-132. 1972.
11. PARRAGA ALIAGA, R. Costo de establecimiento de plantaciones con *Toona ciliata* M. Roem. en Turrialba, bajo tres métodos de preparación de sitio. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 65 p. 1972.
12. RECORD, S.J. and HESS, R.W. *Timbers of the new world*. Yale University Press. pp. 640. 1947.
13. SEGURA, C. Bazán de. Diseases of forest nurseries and plantations of Turrialba. Report to the Food and Agricultural Organization, Rome. 11 p. + appendices. s.d.
14. WALTERS, G.A. and WICK, H.L. Coppicing to convert cull Australian toon, tropical ash, to acceptable trees. USDA Forest Service Research Note PSW-278. 1973.
15. WHITMORE, J.L. and MEDINA GAUD, S. White peach scale attack on toon in Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 58(2):276-278. 1974.
16. YOUNGS, R.L. Physical, mechanical and other properties of five Hawaiian woods. USDA-Forest Service. FPL Report No. 2191. 19 pp. + 6 tables. 2960.

**INSECT AND HOST RESPONSE TO HOST MOISTURE STRESS: A STUDY OF  
*Hypsipyla Grandella* (ZELLER) (LEPIDOPTERA, PYRALIDAE) AND *Cedrela*  
*Angustifolia* SESSE & MOC. (MELIACEAE)\***

*D. D. Sliwa*

Decorah, Iowa U.S.A.

Potted seedlings of *Cedrela angustifolia* Sessé & Moc. were subjected to increasing moisture stress by applying to the soil (a) one liter of water at 1, 4, 8, and 12 day intervals, and (b) no water throughout the 70 day experiment. Average xylem sap tensions reached 3.45, 3.62, 4.81, 5.77, and 12.32 bars respectively. Total nitrogen in the stem was significantly greater in highly stressed vs. lightly stressed trees. Height, diameter, and number of leaves increased significantly over time in the least stressed trees; and either stopped or decreased significantly in the most heavily stressed trees.

*Hypsipyla grandella* (Zeller) introduced into seedlings treated as described above had a longer duration of larval development, smaller initial larval size, shorter pupal stage, and smaller pupae and adults on highly stressed hosts. There was a tendency for high fecundity of females from highly stressed hosts, and for low fecundity of females from the least stressed hosts. No treatment differences were found for survival to the pupal stage or volume of food consumed per larva.

RESISTANCE OF MELIACEAE AGAINST THE  
SHOOT BORER *HYPSIPYLA* WITH PARTICULAR  
REFERENCE TO *TOONA CILIATA* M.J. ROEM. VAR.  
*AUSTRALIS* (F.V. MUELL.) C.DC.\*

P. Grijpma

IFLAIC  
Apartado 36  
Mérída, Venezuela

COMPENDIO

Empleando los conceptos de preferencia/no preferencia, tolerancia, y antibiosis, la relación entre *Hypsipyla* y sus huéspedes en la Meliaceae está analizada. Se recomiendan, para propósitos de selección, varias calidades fenológicas de plantas hospedantes que podrían favorecer una reducción de ataques del barrenador.

También se informa sobre los compuestos químicos encontrados en los tejidos de *Toona* que son responsables de la resistencia de *Toona* a *H. grandella*.

Introduction

In the natural hardwood forest of the tropics, commercially sized Meliaceae occur in limited numbers, often only at a rate of 1-5 per hectare and mixed with numerous other tree species. The wish for a continued supply and higher benefits prompted planting trials with the more valuable members of this family such as the mahoganies and the cedars. However, over the past 75 years persistent efforts to establish large scale homogeneous plantations of native Meliaceae have almost invariably failed due to attacks of *Hypsipyla*.

Insects of this oligphagous pantropical genus attack important species of the genera *Khaya* and *Entandrophragma* in Africa, *Swietenia*, and *Cedrela* in Latin America and *Toona* in Asia and Australia.

Main damage is caused by the larvae, which destroy the succulent terminal shoots by boring into the tip and tunnelling in the juvenile stems of saplings and seedlings. Resprouting of the plants, followed by repeated attacks of the insect, generally results in the development of numerous side branches and consequently in badly formed trees, unsuitable for timber production.

Of the species of *Hypsipyla* which have been registered (Heinrich 1965; Bradley, 1968), *H. grandella* (Zeller) is considered to be the most harmful species in Latin America, and *H. robusta* (Moore) in Asia and Africa. The biology of *H. grandella* has been covered primarily by Ramirez Sanchez (1964) and Roovers (1971) but more recently a good deal of additional information, including the development of an artificial rearing system, has been published by members of the Inter-American Working Group on *Hypsipyla* (Grijpma 1973 a,b). Valuable data on the biology of *H. robusta* have been published by Beeson (1919, 1961) and Roberts (1966, 1968). However, it should be recognized that notwithstanding the current expansion of our knowledge of this insect pest, only very little is known about the factors underlying resistance in Meliaceae which could be used to the advantage of tree breeders and foresters.

In this analysis of resistance principles which could contribute to the successful incorporation of Meliaceae in forest plantations, reference is made to the terms *preference/non-preference*, *tolerance* and *antibiosis* (Painter 1951, 1966). These phenomena, which are interrelated are caused by physical, chemical and nutritional factors and can be observed in the same plant at different times of the year. Thus, under natural forest conditions, *H. grandella* attacks will switch in the dry season from the shoot to the fruits of deciduous *Cedrela* and *Swietenia* trees. The terminal shoots of fruiting trees as well of leafless saplings resulting from

\* Linnean Soc./IUFRO/CFI Joint Symposium on Variation, Breeding and Conservation of Tropical Forest Trees. 17-20 April 1975. Oxford.



the natural regeneration become non-preference host material, which, when consumed by larvae may lead to antibiosis (compare House, 1969; Feeny 1968, 1969, 1970). The influence of senescent plant material on the endocrine system of insects has also been shown to have profound consequences on diapause and migration (De Wilde *et al.* 1969; Osborne, 1973).

#### Preference/non-preference

Host plant recognition in adults and larvae of oligophagous insects has primarily a chemical basis as has been demonstrated convincingly by Dethier (1964, 1966, 1970) Fraenkel (1959, 1969) Thorsteinson (1960) Schoonhoven (1969, 1972) and many others. Evidence that *H. grandella* orients itself by means of chemoreception to its host plant has been brought forward (Grijpma and Gara, 1970 b; Gara *et al.*, 1973). The choice of *Hypsipyla* is limited principally to the Swietenioideae. Of this sub-family all the following genera are attacked (Beeson, 1961; Roberts, 1966 and Tillmanns 1964); *Carapa*, *Cedrela Chukrasia*, *Entandrophragma*, *Khaya*, *Lovoa*, *Pseudocedrela*, *Soymida*, *Swietenia*, *Toona* and *Xylocarpus*. A genus which is listed under the Swietenioideae (Styles and Vosa, 1971) but on which no attacks have yet been recorded is *Neobeguea*. Although some authors indicate that *Hypsipyla* exclusively attacks Swietenioideae, records exist which report *H. grandella* infestation of *Guarea trichilioides* L. (Huguet and Marie, 1951) and *Trichilia* sp. (Huguet and Verduzco, 1952), which both belong to the Melioideae. Ramirez Sanchez (1964) established that *H. grandella* larvae collected from *Cedrela* shoots will continue to feed normally on shoots of *G. trichilioides*. On the other hand, Carruyo (1973) indicates that this tree species is hardly at all attacked in Venezuela. Although these reports need confirmation, it seems obvious that more attention should be paid to breeding and planting timber species of the Melioideae, which possess non-preference characters for *Hypsipyla*. As has been indicated by Styles (1972) *Melia bombo* Welw. is fast growing and yields excellent timber (Madoux, 1966) the same being true for a variety of *M. azedarach* L. which is becoming an important plantation tree in Argentina. (Cozzo, 1959). Other species of the Melioideae deserving introduction trials are for example *M. dubia* Cav. and *Dysoxylum* species such as *D. fraseranum* Benth. and *D. muellerri* Benth. from the rain forests of Australia (Francis, 1951). Planting trials with *Guarea* spp. should also be recommended. Investigation of the chemical principles involved in the non-preference or repellency of the Melioideae should provide a key to the better understanding of the insect/plant relationship of this important forest pest and may lead to breeding programs for valuable Swietenioideae.

Although chemical constituents of Meliaceae, in particular of the wood, have been studied extensively in India (e.g. Chatterjee *et al.* 1971) and Nigeria (e.g.

Adesida and Taylor, 1967) and although more recently the insecticidal properties of two genera of Melioideae *M. azedarach* L. and *Azadirachta indica* A. Juss. are receiving world-wide attention of chemists and entomologists, (Butterworth and Morgan, 1968, 1971; Gill and Lewis, 1971; McMillian *et al.* 1969), the biochemical links between the Meliaceae and their main predator *Hypsipyla* have been largely neglected.

In this context it is of interest to note the exotic Meliaceae often have been less susceptible, or resistant, to attacks of native *Hypsipyla* spp. (Chable, 1967; Lamb, 1968; Grijpma and Ramalho, 1969; Grijpma, 1970 a). It should be emphasized however, that serious attacks of native *Hypsipyla* on exotic Meliaceae have also been reported. (Streets, 1962; Huguet and Marie, 1951). Genetic variability of the insects or of the introduced Meliaceae, as well as adaptation of the insect to the newly introduced host plants may possibly account for the differences in susceptibility encountered in several parts of the tropics. Notwithstanding these contradictory experiences, it is worthwhile to put on record that to date *Cedrela odorata* L. and *Toona ciliata* M. J. Roem. var *australis* (F.v. Muell) C.DC. can be grown in pure plantations in Nigeria and in Latin America respectively. However, the underlying chemical principles of this immunity appear to be different; Roberts (1966) suggests that since *H. robusta* is able to feed, moult and pupate in *C. odorata*, the insect is not attracted by this tree species. Consequently non-preference or repellent factors might be responsible for the possibility of growing *C. odorata* in pure plantations in Nigeria. This conclusion appears to be analogous to findings of Ramirez Sanchez (1964) who indicated that *H. grandella* was able to feed normally on *Guarea trichilioides* (Melioideae). In Costa Rica, however, oviposition of *H. grandella* on *T. ciliata* var. *australis* has been observed but first instar larvae die when boring into the plant tissues. (Grijpma, 1973 b). In this case, attraction and an oviposition stimulus appears to be present, but a toxic principle prevents successful attacks of shoot borer larvae.

Differences in relative susceptibility of indigenous members of the Swietenioideae to attacks of native *Hypsipyla* have been recorded in field plots as well as in laboratory experiments. Grijpma and Gara (1970 c) showed that field-collected *H. grandella* larvae prefer *C. odorata* to *Swietenia macrophylla* King as host plants. This preference refers not only to feeding of larvae but also to oviposition by the adult (Roovers 1970, 1971). In the sequence *C. odorata*, *C. angustifolia* Sessé & Moc. and *S. macrophylla*, oviposition occurs in decreasing intensity.

In Nigeria, Roberts (1966) indicates that *Khaya*, in particular *K. ivorensis* A. Chev., is most susceptible to attacks of *H. robusta*, whereas the different species of *Entandrophragma* as well as *Lovoa trichilioides* are

attacked much less severely, even in pure open lines. Assuming that chemical differences are responsible for these variations in susceptibility and in oviposition preference, good possibilities would exist for breeding non-preference *Swietenioideae*. The CIF *Cedrela* Provenance Trial (Burley and Lamb, 1971) should provide important clues for such breeding programmes.

### Tolerance

Ever since the early photographs of triumphant loggers standing at the base of 2 m. diameter boles of mahogany, it has been known to foresters that nature provides a sound mechanism for survival and growth of these desirable *Meliaceae*. It should be recognized that from an ecological point of view, large scale pure plantations of meliaceous tree species represent a highly unnatural situation, particularly in the tropics. Even if the problem of the shoot borer were to be solved overnight, such large scale plantations might well lead to massive outbreaks of other insect pests and diseases.

The scattered occurrence of *Meliaceae* under natural forest conditions has been the basis of the development of silvicultural methods which imitate some of these ecological conditions. Basically, the factors taken into consideration are: small numbers of *Meliaceae* per hectare, utilization of the planting site. Thus, Holdridge (1943) recommends bringing to maturity no more than 10 cedar trees per hectare in mixture with other species. For this purpose, 50 seedlings per ha. should be planted on well drained fertile sites in full sunlight between the other tree species. In New South Wales, Australia, and in India (Campbell, 1966; Beeson, 1919) about 50 percent of shade is recommended to reduce borer infestation in *T. ciliata* var. *australis* plantations. The need for lateral shade has also been emphasized (Aubréville, 1953) and the influence of pure line plantings versus species mixtures in lines and the usefulness *Tectona grandis* L. f., *Gmelina arborea* Roxb., *Cassia siamea* Lam. and *Nauclea diderichii* (De Wild. & Durrr) Merr. in mixtures has been recommended or discarded. However, in most of these studies, quantitative research on the factors underlying tolerance of the pest by the trees, has not been carried out.

In my opinion, the presence of the magnificent meliaceous trees in the natural heterogeneous forests is based upon a combination of escape from attack and tolerance. The escape mechanism can be imagined to function as follows: in the natural heterogeneous forest, a meliaceous sapling is attacked by *Hypsipyla* and the young shoot is fed upon until the larvae pupate. Resprouting of the attacked tree is slow because of the shade and competition from other trees (in contrast to trees in open plantations), and when adults emerge the sapling is in a non-preference state. Consequently the adults have to disperse or otherwise larvae of the following generation face antibiosis and increased possi-

bilities of being predated upon. Dispersing adults do not easily locate their next host due to the natural barriers, predation, etc. During the next growing season a long straight new shoot (shade) is formed and subsequent escape from *Hypsipyla* attack will bring the sapling in a better position to survive. Once it has reached the canopy *Hypsipyla* attacks become less important for survival and tolerance replaces escape. Although this abbreviated case history is based only partially upon my observations, it should be clear that studying the factors involved in escape and tolerance, could provide breeders of *Meliaceae* with important clues. Some essential points are: reduction of resprouting, obligate dispersal of the insect, formation of a straight new leader, fast growth of the new terminal shoot, early deciduousness in the wet season and resprouting in the dry season. *C. angustifolia* (Fig. 1.) seems to be such a tolerant species which in contrast to *C. odorata* produces a straight, fast growing leader even in open plantations. Resprouting of *Swietenia* and *Cedrela* spp. during the dry season can also be observed frequently. Since the dry period is a more crucial time for insect survival, early resprouting in the dry season, combined with early deciduousness, might well be favorable traits for selection of *Meliaceae*. Synchronization of resprouting *per se* could already be advantageous and might be obtained through vegetative propagation. Frequent resprouting is promoted in open plantations in which competition is kept at a minimum; many a small trial-planting abandoned in despair, proved to come through rather surprisingly after all weeding had been given up (Dourojeanni, 1963). The utilization of tall, already deciduous planting stock protected in nurseries by means of systemic insecticides would provide meliaceous trees in plantations with an initial advantage. In comparison with young seedlings, older stock flushes only once or twice a year and is leafless during the dry season, thereby providing the plant with a natural escape mechanism.

Other genetic factors which deserve investigation concern the pith-diameter and the slenderness of the terminal shoot. Since *Hypsipyla* primarily lives on the pith, it would seem likely that breeding of pith-less *Meliaceae*, and *Meliaceae* with slender shoots, unable to harbour later instars, might offer good prospects. In my opinion, the tolerance of *S. mahagoni* (L.) Jacq. to *H. grandella* is at least partially based on these two characteristics.

### Antibiosis

Of the structural, toxicological and nutritional plant factors which may result in antibiosis, emphasis is laid here on the chemical aspects. During the past decade secondary plant substances have been shown to offer great promise in the field of insect control. The discovery of insect juvenile hormone and moulting hormone mimics as well as toxicants, repellents and



Fig. 1. Tolerance and escape.

a) Sapling of *Cedrela angustifolia* showing a straight new leader after *Hypsipyla* attack.



b) Row of 10-year old *C. angustifolia* trees in an IFLAIC plantation at Barinitas, Venezuela. Pictures taken during the dry season; arrows indicate previous borer attacks.

feeding deterrents in plants has given a new dimension to the possibilities of plant protection. Good reviews on the relations of these secondary plant substances and insects have been given by Herout (1970), Frankel (1959, 1969), Dethier (1970) Williams (1970) and Schoonhoven (1972). The importance of the host-parasite relationship as a taxonomic character has been demonstrated in several instances (cf. Meeuse 1973; Ehrlich and Raven, 1965). The fact that *Carapa* and *Xylocarpus* are attacked by *H. grandella*, *H. ferrealis* and *H. robusta* corroborates the decision of Pennington and Styles (in press) to place these genera in the subfamily Swietenioideae and not in Melioideae.

The resistance of some exotic Meliaceae to native *Hypsipyla* may well be placed in the context of evolution and co-evolution of both insects and plants. Ecogeographical disparities and differences in concentration and diversity of plant phenolics, which may account for increased or decreased resistance, have been

indicated in various studies (Levin, 1971). Population studies on trees of *Cinchona* for instance demonstrated decreasing concentrations of alkaloids from Colombia to Peru (Camp, 1949).

Since phenolics and alkaloids are known to be defensive secondary plant substances against parasites and predators, they would offer an excellent starting point to induce immunity or antibiosis in plants through breeding. An outstanding example of such a project is the research carried out in Texas and Mississippi on the selection and breeding of cotton strains with high gossypol content. This phenolic has proved to be the principal chemical responsible for the resistance of cotton plants to *Heliothis* spp. (Lukfahr and Houghtalino 1969).

Recent investigations (Grijpma and Roberts, 1975) have shown that the chemical compounds responsible for the resistance of the Australian cedar to *H. grandella*

can be translocated into native *C. odorata* when the latter species is grafted on *Toona*. In these grafting trials the otherwise highly susceptible Spanish cedar became toxic to *H. grandella* larvae. Diet mixture tests, thin layer chromatography and subsequent forced-feeding experiments indicated that the water fraction of macerated *Toona* plant tissue contains at least two synergistic toxic compounds one of which is highly polar. To which group of secondary plant substances could these toxicants belong? The results of the *Toona* grafting experiment resemble those obtained with potato plants grafted on tobacco roots, in which the potato plants became fully resistant to *Leptinotarsa* because of the translocation of the alkaloid nicotine (Fraenkel, 1959). Another reason why the toxicants could be suspected to be alkaloids, is that *H. grandella* possesses a defense mechanism in which the larvae, when attacked or pinched with forceps spit and regurgitate a brown liquid. This liquid gives an alkaloidal precipitate when mixed with a solution of tannin (Grijpma, unpublished results). However, this defensive chemical is not lethal to young chickens as was proved in experiments in Costa Rica in which entire *H. grandella* larvae and the defensive liquid alone were force-fed to these chickens. Thus, the defensive chemicals of the larva may only have a debilitating effect or merely result in a noxious experience for the predator, enabling it to discriminate between desirable and undesirable food in the future. (Eisner, 1970; Brower *et al.* 1967).

It seems likely that *H. grandella* larvae obtain defensive chemicals from their host plants; similar relationships have been reported for other insect and plant species containing alkaloids (Rothschild, 1972). The presence of alkaloids in aqueous ethanolic extracts of *C. odorata* and *T. ciliata* has been shown recently (Smolenski, *et al.* 1972, 1974).

Feeding deterrent, growth retardant and toxic effects of aqueous extracts of dried *Toona* leaves on *H. grandella* larvae have also been observed in more recent experiments (Grijpma and Roberts 1975, Grijpma and Goewie, unpublished results). In addition, the *Toona* compounds seem to upset moults and pupal development of *H. grandella*. Frequently, shortened pupal wing sheaths were observed in *H. grandella* reared on diet mixtures containing aqueous *Toona* extract. These results are somewhat similar to those obtained with azadirachtin, which is suspected to have an ecdyson-like structure (Ruscoe, 1972). In preliminary experiments azadirachtin also proved to be toxic to *H. grandella* when incorporated in diet mixtures. However, other characteristics of ecdyson-like activities have never been observed in *H. grandella* when reared on these diets.

Relatively few investigations have been dedicated to the role of phenolics as common defensive compounds of both plants and specialized insects

feeding on them. The host specificity of the beetle *Chrysolina* for *Hypericum* spp., however, may point at such a relationship in which the phenolic quinone hypericin occurring in these plants is used as a defense by the beetle. Accumulation of phenolics in the wings of butterfly-files is not infrequent and may also have a defensive function (Levin, 1971). Flavonoids, are widely distributed in plants and occur mostly in water soluble glucosidic combinations. Quercetin and kampferol, which are present in *C. odorata* and *T. ciliata* can also be found in numerous other plants (Hegnauer, 1969). The finding of bergapten, a coumarin, in *T. ciliata* and two other Meliaceae is of chemotaxonomical importance since this phenolic further supports the phylogenetic relation between the Meliaceae and the Rutaceae which are relatively rich in alkaloids and coumarins. (Chatterjee *et al.*, 1971). In general, coumarin as well as several alkaloids are potent feeding deterrents in certain insect species (Schoonhoven, 1972).

Differences in resistance and attractiveness of Meliaceae to shootborer attack at the species level are certainly to be expected. Absence of co-evolution is by no means a guarantee for resistance as is for instance exemplified by the susceptibility of *Chukrasia tabularis* A. Juss. and the immunity of *T. ciliata* to attacks of *H. grandella* in Puerto Rico. To this extent, much importance should be given to any signs of resistance in Meliaceae. A more resistant strain of *T. ciliata* var. *australis* in Queensland has apparently been under investigation, (FAO, 1958; Campbell, 1966) but no additional information has appeared in the literature. The presence or absence of certain plant chemicals at intraspecific level has also been observed for *T. ciliata* and may well be a principal cause for resistance or susceptibility (Levin, 1971; Chatterjee *et al.*, 1971).

Although only the elucidation of the toxicant present in *Toona* can ultimately clarify to which group these compounds belong, the knowledge that a definite resistance mechanism exists, is in itself highly promising and should open new roads for the breeding of *Hypsipyla*-resistant Meliaceae.

Possibly the Swietenioideae can be better grown under heterogeneous forest conditions, but on the other and nature can be helped to a large extent by breeding more resistant trees.

## References

- Adesida, G. A. and Taylor, D. A. H. (1967). The chemistry of the genus *Entandrophragma*. *Phytochemistry* 6(19): 1429-1433.
- Aubréville, A. (1953) L'expérience de l'enrichissement par layons en Côte d'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques* 29:3-9.

- Beeson, C. F. C. (1919) The life history of the toon shoot and fruit borer *Hypsipyla robusta* Moore (Lepidoptera; Pyralidae, Phycitinae) with suggestions for its control. *Indian Forest Records* Vol. 7:146-216.
- Beeson, C. F. C. (1961) Forest insects of India. Government of India. 2nd Ed.
- Bradley, J. D. (1968). Descriptions of two new genera and species of Phycitinae associated with *Hypsipyla robusta* (Moore) on Meliaceae in Nigeria (Lepidoptera, Pyralidae). *Bulletin of Entomological Research* 57:605-614.
- Brower, L. P., Brower, J. V. Z. and Corvino, J. M. (1967). Plant poisons in a terrestrial food chain. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.* 57:893-898.
- Burley, J. and Lamb, A. F. A. (1971). Status of the CFI international provenance trial of *Cedrela odorata*. Commonwealth Forestry Institute; Mimeographed report. 9p.
- Butterworth, J. H. and Morgan E. D. (1968). Isolation of a substance that suppresses feeding in locusts. *Chemical Communications*: 23-24.
- Butterworth, J. H. and Morgan, E. D. (1971). Investigations of the locust feeding inhibition of the seeds of the Neem tree *Azadirachta indica*. *Journal of Insect Physiology*. 17: 969-977.
- Camp, W. H. (1969). *Cinchona* at high altitudes in Ecuador. *Brittonia* 6:394-430.
- Campbell, K. G. (1966). Aspects of insect-tree relationships in forests of eastern Australia. In: Breeding Pest-Resistant trees (H. D. Gerhold, E. J. Schreiner, R. E. M. Mc Dermott and J. A. Winieski eds.). Pergamon Press. London.
- Carruyo, L. (1973). Estudio preliminar de extractivos de las Meliaceas que atraen a la *Hypsipyla grandella* Zeller. In: Proceedings of the First Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*. IICA-CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Chable, A. C. (1967). Reforestation in the Republic of Honduras, Central America. *Ceiba* 13(2):1-56.
- Chatterjee, A., Chakraborty, T., and Chandrasekharan, S. (1971). Chemical investigation of *Cedrela toona*. *Phytochemistry* 10:2533-2535.
- Cozzo, D. (1959). Informaciones sobre el cultivo del paraíso "gigante" (*Melia azedarach*) en Misiones, Argentina. *Revista Forestal Argentina* 3(4):127-133.
- Dethier, V. G. (1954). Evolution of feeding preferences in phytophagous insects. *Evolution* 8:33-54.
- Dethier, V. G. (1966). Feeding behaviour. In: *Insect behaviour* (P. T. Haskell ed.) Bartholomew Press. London.
- Dethier, V. G. (1970). Chemical interactions between plants and insects. In: *Chemical Ecology* (E. Sondheimer and J. B. Simeone eds.) Academic Press London.
- Dourojeanni R., M. (1963). El berreno de los brotes (*Hypsipyla grandella*) en cedro y caoba. *Agronomía* 30(1):35-43.
- Eisner, T. (1970). Chemical defense against predation in arthropods. In: *Chemical Ecology*. (E. Sondheimer and J. B. Simeone, eds.) Academic Press London.
- Ehrlich, P. R. and Raven, P. H. (1965). Butterflies and Plants: a study in co-evolution. *Evolution*, Lancaster, Pa. 18:586-608.
- Entwistle, P. F. (1968). The current situation on shoot, fruit and collar borers of the Meliaceae. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 15 p.
- Fraenkel, G. S. (1959). The raison d'être of secondary plant substances. *Science* 129:1466-1470.
- Fraenkel, G. S. (1969). Evaluation of our thoughts on secondary plant substances. *Entomologia experimentalis et applicata* 12:473-486.
- Francis, W. D. (1951). Australian rain-forest trees. Forestry and Timber Bureau, Sydney, Commonwealth of Australia pp. 203-206.
- FAO (1958). Shoot borers of the Meliaceae. *Unasylva* 12(1):30-31.
- Feeny, P. P. (1968). Effect of oak leaf tannins on larval growth of the winter moth *Operophtera brumata*. *Journal of Insect Physiology* 14:805-817.
- \_\_\_\_\_ (1969). Inhibitory effect of oak leaf tannins on the hydrolysis of proteins by trypsin. *Phytochemistry* 8:2119-2126.
- \_\_\_\_\_ (1970). Seasonal changes in oak leaf tannins and nutrients as a cause of spring feedings by wintermoth caterpillars. *Ecology* 51:565-581.
- Gara, R. I., Allan, G. G., Wilkins, R. M., and Whitmore, J. L. (1973). Flight and host selection behaviour of the mahogany shoot borer, *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepid., Phycitidae). *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 72(3):259-266.
- Gill, J. S. and Lewis, C. T. (1971). Systemic action of an insect feeding deterrent. *Nature* 232:402-403.
- Grijpma, P. and Ramalho, R. (1969). *Toona* spp. posibles alternativas para el problema del barrenador *Hypsipyla grandella* de las Meliaceas en America Latina. *Turrialba* 19(4):531-547.
- Grijpma, P. (1970 a). Immunity of *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F.v.M.) C.D.C. and *Khaya ivorensis* A. Chev. to attacks of *Hypsipyla grandella* Zeller in Turrialba, Costa Rica. *Turrialba* 20(1):85-93.
- Grijpma, P. and Gara, R. I. (1970 b). Studies on the shoot borer *Hypsipyla grandella* Zeller. I. Host selection behaviour. *Turrialba* 20(3):233-240.
- Grijpma, P. and Gara, R. I. (1970 c). Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* Zeller. II. Host preference of the larva. *Turrialba* 20(2):241-247.
- Grijpma, P. (ed.) (1973 a). Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep., Pyralidae. Instituto Inter-Americano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica. 91 p.
- Grijpma P. (ed.) (1973 b). Proceedings of the First Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*. Instituto Inter-Americano de Ciencias Agrícolas. Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, Turrialba, Costa Rica.
- Grijpma, P. and Roberts, S. C. (1975). Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lep., Pyralidae) XXVII. Biological and chemical screening for the basis of resistance of *Toona ciliata* M. J. Roem. var. *australis* (F.v.M.) C.D.C. *Turrialba* (in press).
- Heinrich, C. (1965). American moths of the subfamily Phycitinae. *U.S. Museum Bulletin* no. 207. 581 p.
- Hegnauer, R. (1969). *Chemotaxonomie der Pflanzen*. Birkhäuser Verlag, Basel Band 5:54-71 and 421-428.
- Herout, V. (1970). Some relations between plants, insects and their isoprenoids. *Progress in Phytochemistry* 2:143-202.
- Holdridge, L. R. (1943). Comments on the silviculture of *Cedrela*. *Caribbean Forester* 4:77-80.
- House, H. L. (1969). Effects of different proportions of nutrients on insects. *Entomologia experimentalis et applicata* 12:651-669.
- Huguet, L. and Marie, E. (1951). Les plantations d'Acajou d'Amérique des Antilles Françaises. *Bois et Forêts des Tropiques* 17(1):12-25.
- Huguet, L. and Verduzco, J. (1952). Misión Forestal de la FAO en México: Economía Forestal de Yucatán. FAO/Rome. 95 pp.
- Jacobson, M. (1966). Chemical insect attractants and repellents. *Annual Review of Entomology* 11:403-422.
- Kennedy, J. S. (1965). Mechanisms of host plant selection. *Annals of Applied Biology* 56:317-322.
- Lamb, A. F. A. (1968). *Cedrela odorata*. Fast growing timber trees of the low land tropics. no. 2 Commonwealth Forestry Institute. 46 p.
- Leuschner, K. (1972). Effect of an unknown plant substance on a shield bug. *Die Naturwissenschaften* 59(5):217-218.
- Levin, D. A. (1971). Plant phenolics: and ecological perspective. *American Naturalist* 105:157-181.

- Lukefahr, M. J. and Houghtaling, J. E. (1969). Resistance of cottonstrains with high gossypol content to *Heliothis* spp. *Journal Economic Entomology* 62:588-591.
- Madoux, E. (1966). *Melia bombolo*, a quick growing Congolese species. *Bulletin de Recherche Agronomique*. Gembloux (n.s.) 1(4):578-601.
- Meese, A. D. J. (1973). Co-evolution of plant host and their parasites as a taxonomic tool. In: *Taxonomy and Ecology* (V. H. Heywood, ed.). Academic Press, London.
- McMillian, W. W. Bouman M. C., Burton, R. L., Starks, K. J., and Wiseman, B. R. (1969). Extract of Chinaberry leaf as a feeding deterrent and growth retardant for larvae of the corn earworm and fall armyworm. *Journal of Economic Entomology* 62(3):706-710.
- Noltée, A. C. et al. (1926). *Swietenia mahagoni* Jacq. en *Swietenia macrophylla* King. *Mededelingen van het Proefstation voor het Boschwezen* no. 15.126 p.
- Osborne, D. J. (1973). Mutual regulation of growth and development in plants and insects. In: *Insect/Plant Relationships* (H. F. van Emden ed.). Blackwell Scientific Publications, London.
- Painter, R. H. (1951). *Insect resistance in crop plants*. Mc Millan. N. Y.
- Painter, R. H. (1966). Lessons to be learned from past experience in breeding plants for insect resistance. In: *Breeding Pest Resistant Trees*. (H. D. Gerhold, E. J. Schreiner, R. E. M. Mc Dermott and J. A. Winiwski eds.). Pergamon Press, London.
- Pennington, T. D. and Styles, B. T. (1975). A generic monograph of the Meliaceae. *Blumea* 22 (in press).
- Ramirez Sanchez, J. (1964). Investigación preliminar sobre biología, ecología y control de *Hypsipyla grandella* Zeller. *Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación* 16:54-77.
- Roberts, H. (1966). A survey of the important shoot, stem, wood, flower, and fruit boring insects of the Meliaceae in Nigeria. *Nigerian Forestry Information Bulletin* (New Series) no. 15. Govt. Print. Lagos.
- Roberts, H. (1968). An outline of the biology of *Hypsipyla robusta* Moore, the shoot borer of the Meliaceae (mahoganies) of Nigeria, together with brief comments on two stem borers and one other lepidopteran fruit borer also found in Nigerian Meliaceae. *Commonwealth Forestry Review* 225-232.
- Roovers, M. (1970). Host preference of *Hypsipyla grandella* (Zeller) for three species of Meliaceae. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. Mimeographed report. 9 p.
- Roovers, M. (1971). Observaciones sobre el ciclo de vida de *Hypsipyla grandella* (Zeller) en Barinitas, Venezuela. *Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación* 38:1-46.
- Rothschild, M. (1972). Some observations on the relationship between plants, toxic insects and birds. In: *Phytochemical ecology*. (J. B. Harborne ed.). Academic Press. London.
- Ruscoe, C. N. E. (1972). Growth disruption effects of an insect antifeedant. *Nature New Biology* 236:159-160.
- Schoonhoven L. M. (1969). Gustation and food-plant selection in some lepidopterous larvae. *Entomologia experimentalis et applicata* 12:555-564.
- Schoonhoven, L. M. (1972). Plant recognition by lepidopterous larvae. In: *Insect/Plant Relationships* (H. F. van Emden ed.). Blackwell Scientific Publication London.
- Schoonhoven, L. M. (1972). Secondary plant substances and insects. *Recent Advances in Phytochemistry* 4:197-242.
- Smolenski, S., Silinis, H. and Farnworth, M. (1972). Alkaloid screening I. *Lloydia* 35(1):1-34.
- Smolenski, S., Silinis, H. and Farnworth, M. (1974). Alkaloid screening. IV. *Lloydia* 37(1):30-61.
- Streets, R. J. (1962). *Exotic trees in the British Commonwealth*. Oxford, Clarendon Press 765 p.
- Styles, B. T. and Vosa, G. G. (1971). Chromosome numbers in the Meliaceae. *Taxon* 20(4):485-499.
- Styles, B. T. (1972). The flower biology of the Meliaceae and its bearing on tree breeding. *Silvae Genetica* 21(5):175-182.
- Thorsteinson, A. J. (1960). Host selection in phytophagous insects. *Annual Review of Entomology* 5:193-218.
- Tillmanns, H. J. (1964). Apuntes bibliográficos sobre *Hypsipyla grandella* Zeller. *Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación*. 14:82-92.
- Vega C., L. (1973). Influencia de la silvicultura en el comportamiento de *Cedrela* en Surinam. In: *Proceedings of the First Symposium on Integrated Control of Hypsipyla*. (P. Grijpma ed.) Turrialba.
- Wilde, J. de Bongers, W. and Schoonveld, H. (1969). Effects of host plant age on phytophagous insects. *Entomologia experimentalis et applicata* 12:714-720.
- Williams, C. M. (1970). Hormonal interactions between plants and insects. In: *Chemical Ecology*. (E. Sondheimer and J. B. Simeone eds.). Academic Press, London.

# COMPORTAMIENTO DE CINCO ESPECIES DE MELIACEAE EN TURRIALBA, COSTA RICA

J. C. Sánchez, E. H. Holsten, J. L. Whitmore

Departamento de Ciencias Forestales  
CATIE

## ABSTRACT

Due to increased research emphasis on the Mahogany Shootborer, *Hypsipyla grandella*, an experimental plantation of 5 Meliaceae species was initiated in 1971. The species planted were: *Cedrela odorata*, *C. angustifolia*, *C. tonduzii*, *Swietenia macrophylla*, and *Toona ciliata* var. *australis*. Approximately 250 trees of each species were planted. The purpose was to evaluate height and diameter growth during a 5 year period. Likewise, the 5 species were evaluated as to their susceptibility to shootborer attack. The results of this study show that *T. ciliata* obtained the maximum height and diameter growth during the 5 year study period, followed by: *C. angustifolia*, *S. macrophylla*, *C. odorata*, and *C. tonduzii*. *T. ciliata* was the only species not attacked by the shootborer, although suffering a high percentage of mortality due to a "die-back", and possessing undesirable ramification. From this study it was concluded that *C. angustifolia* was the most promising species tested. Although attacked by *H. grandella*, *C. angustifolia* demonstrated rapid recovery from the shootborer attack and showed a great potential for rapid growth and fine form. Likewise, *C. angustifolia* did not suffer from "die-back".

## Introducción

El barrenador de las Meliáceas *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lep.: Pyralidae), es una plaga seria en plantaciones de cedro (*Cedrela* spp.) y caoba (*Swietenia* spp.) en América Central y Sur América. En los bosques tropicales y subtropicales de las regiones Indo-Malaya Australiana, Africana y de las Indias Orientales, las Meliáceas son atacadas por *H. robusta* (Moore).

Este insecto es uno de los factores detrimentales más importantes cuando se trata de establecer una plantación de Meliáceas tropicales. Ataca principalmente los brotes tiernos y en muchas especies también ataca los frutos y las semillas.

Los métodos de control biológico y químico no han mostrado mucho éxito. El uso experimental de insecticidas sistémicos, incorporados en una matriz de polímero que permite una liberación lenta y persistente, ha mostrado recientemente buenos resultados para controlar este barrenador. También, el uso de árboles resis-

tentes y la injertación de brotes susceptibles a troncos resistentes han mostrado buena promesa.

En 1970, se formó en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) el Grupo Interamericano de Trabajo sobre *Hypsipyla*, motivado en la necesidad de encontrar controles integrados para el barrenador de las Meliáceas. En 1971 se estableció en el campus del CATIE, una parcela experimental que contiene cinco especies de la familia Meliaceae, para enfatizar el control integrado y también para buscar datos relacionados con el programa de mejoramiento de árboles forestales.

La plantación fue hecha por el Dr. Pieter Grijpma, con el objetivo de evaluar el crecimiento y el incremento que muestran estas especies, en las condiciones climáticas y de suelo que en este sitio se dan. También se evaluó la susceptibilidad al ataque del barrenador y de otras plagas. Este informe presenta los resultados obtenidos después de cinco años de haber iniciado la prueba.

## Materiales y Métodos

### Sitio

La prueba en estudio se instaló en Florencia Sur, un terreno propiedad del CATIE, ubicado a 5 km al sur de la ciudad de Turrialba. El suelo pertenece a la serie La Margot coluvial (LMcd), la topografía es ondulada y la pendiente varía de 3 a 6%, se presenta un 10% por piedras y fragmentos rocosos con materiales de origen coluvial que posiblemente procedan de la ladera vecina que es la serie del Colorado. El drenaje en estos terrenos va de bueno a excesivo (1).

El clima en esta región es cálido, húmedo y excesivamente lluvioso. La estación climatológica del CATIE (8), ubicada a 602 m.s.n.m. reporta una temperatura media mensual de 22,3°C, una precipitación anual de 2.682 mm. Se presenta un período de lluvias entre mayo y diciembre y un período seco de enero a abril; una evapotranspiración media anual medida con evaporímetro de plato libre para superficie libre de agua de 1.392,6 mm. y un promedio mensual de brillo solar de 137,6 horas sol.

### Arboles plantados

Las primeras cuatro especies que van a ser discutidas son especies americanas y la primera es la única que crece espontáneamente en la zona de Turrialba. La quinta es de Australia.

#### 1) *Cedrela odorata* L.

Sinónimos (16) *Cedrela mexicana* Roem.\* — *C. velloziana* Roem. — *C. brownii* Loefl. ex O. Ktze. — *C. occidentalis* C.DC. & Rose. — *C. mexicana* var. *puberula* C.DC. — *C. sintenisii* C.DC. — *C. yucatanana* Blake — *C. longipes* Blake.

Nombres vulgares (17) Cedro colorado, Cedro blanco, Cóbano, Cedro amargo, Cedro hembra, Spanish cedar, Cigar box-cedar, Cedro, Cedar. Habitat en elevaciones bajas, con climas de secos hasta húmedos. En los climas húmedos está restringida a suelos con buen drenaje (7).

#### 2) *Cedrela angustifolia* Sessé & Moc.

Sinónimos (5), *C. huberi* Ducke — *C. glaziovii* C.DC.

Habitat desconocido debido a muy poco estudio sobre esta especie.

#### 3) *Cedrela tonduzii* C.DC.

Nombre vulgar (7), Cedro dulce. Habitat (7), en elevaciones medianas (montano bajo), con climas muy húmedos.

#### 4) *Swietenia macrophylla* King.

Sinónimos: *S. candollei* Pittier (5) — *S. tessmannii*

Harms — *S.-krukovii* Gleason & Panshin — *S. belizensis* Lundell (17).

Nombres vulgares (17), Caoba, Aguano, Chacalte, Caoba americana, Mara, Venezuelan mahogany, Broad leaf mahogany, Central American mahogany.

Habitat (7) en elevaciones bajas, con climas de secos a muy húmedos, con estación seca. En Costa Rica restringida a la región noroeste del país.

#### 5) *Toona ciliata* M. J. Roem var. *australis* C.DC.

Sinónimos: *Cedrela australis* F.v.M. (4) — *C. toona* Roxb. var. *australis* C.DC. (17).

Nombres vulgares (4), Toona, red cedar, australian cedar, australian toon.

Habitat (7), en elevaciones de bajas a medianas, con climas de húmedos a muy húmedos. Esta es una especie introducida de Australia.

### Procedimiento

La plantación de estas cinco especies de Meliaceae, ha sido dividida en dos subsitios: un subsitio número uno, plantado con 740 árboles, con topografía plana y de buen drenaje (Fig. 1) y otro subsitio número dos, plantado con 516 árboles, con topografía quebrada (Fig. 2).

Todas las plantas utilizadas fueron obtenidas del vivero del Departamento de Ciencias Forestales del CATIE, a excepción de los árboles de *Toona ciliata* plantados en el subsitio dos, los cuales se obtuvieron del Programa de Diversificación Agrícola de Turrialba.

### Etapas de vivero y plantación

Las semillas de *Cedrela odorata*, *C. angustifolia*, *C. tonduzii*, se pusieron a germinar en noviembre de 1970; las de *S. macrophylla* y *T. ciliata* en agosto del mismo año.

En julio de 1971, se hizo la plantación en el sitio indicado, con una distribución al azar de los árboles y dejando un espaciado de 2 metros entre los árboles. Se plantó 1.256 árboles, alrededor de 250 árboles por cada especie.

\* Holdridge y Poveda (7) indican que la confusión posiblemente se deba al hecho de haber llevado semillas de *C. mexicana* de América Central para sembrar en las Antillas y como la mayoría de las últimas colecciones botánicas se han hecho allí, se ha identificado la *C. mexicana* como *C. odorata*. Styles y Vosa (15) indican que probablemente son dos razas diferentes, una con un número de cromosomas  $2N = 50$  distribuida en las Islas del Caribe y América Central; y la otra con un número de cromosomas  $2N = 56$  natural de México y América del Sur.





**Figura 1.** Vista del subsitio uno. Los árboles de mayor altura son de *T. ciliata*, en los cuales puede observarse ramificación en los primeros 3 metros del fuste. Los más pequeños, (situados detrás de él que posa) son de *S. macrophylla*. Ambas especies fueron plantadas en la misma fecha.



**Figura 2.** Vista del subsitio dos. Se muestra un árbol de *T. ciliata* que ha sufrido de muerte regresiva. En este subsitio muchos árboles de esta especie adolecen del mismo problema.

Tres meses más tarde se efectuó una replantación de  $20 \pm 5$  árboles por cada especie, ya que algunos habían muerto; en el presente informe no se han tomado en cuenta estos datos, ya que no afectan considerablemente los resultados finales.

#### Tratamientos y mediciones

En esta plantación no han sido aplicados fertilizantes ni insecticidas, únicamente se ha practicado un deshierbe de las malezas que allí crecen vigorosamente como son: el pasto "guinea" o "guineón" (*Panicum maximum*) y el pasto "gamalote" (*Paspalum* sp.) que son gramíneas espontáneas en Turrialba (2). También se hizo la poda frecuente a los árboles con ataques de *H. grandella*.

Se utilizó una regla de madera de 7 metros de largo para medir la altura de los árboles en 1972, 1974, 1975 y una cinta diamétrica (cm) para medir el DAP en 1975.

Con la información obtenida se hizo una prueba de "t" para evaluar la altura y el DAP de los árboles y la interacción entre especies y subsitio.

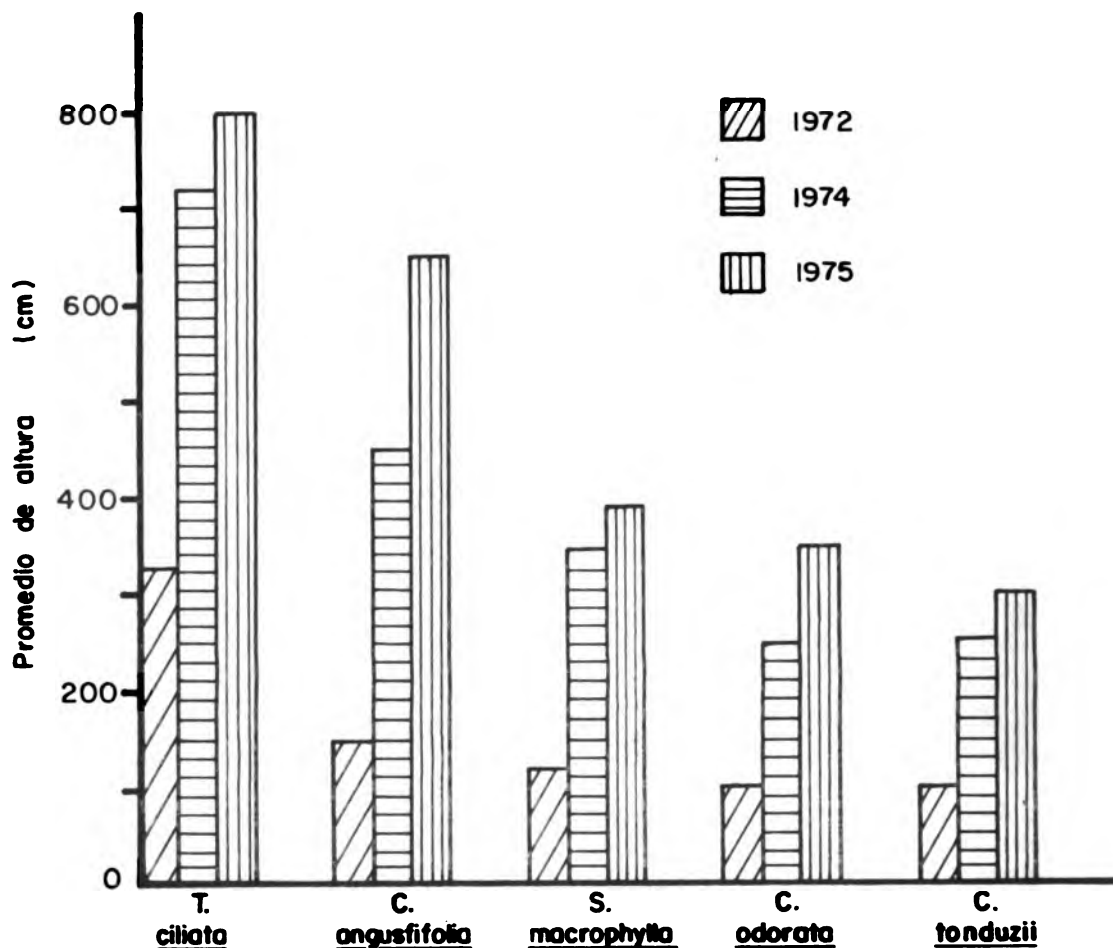
Para la evaluación de la mortalidad y ataque de *H. grandella*, entre especies y la interacción entre especies y subsitio, se utilizó la prueba de Chi-cuadrado ( $X^2$ ), utilizando un nivel de 95% de probabilidad en todas las pruebas.

#### Resultados y Discusión

##### *Toona ciliata* var. *australis*

Esta es la especie que ha mostrado los mejores resultados en cuanto a altura y a DAP se refiere, desde el inicio de la colección de datos. El promedio de altura para los cinco años es de 7,90 lo que representa una tasa de crecimiento de 1,6 m/año, y un DAP promedio de 12,1 cm. o sea 2,4 cm/año; que son los valores más altos de todas las cinco especies analizadas (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Altura promedio por año para las cinco especies.



Su crecimiento fue vigoroso hasta 1974 y sigue libre de ataque de *H. grandella* como lo indicó Grijpma y Ramalho (4). El crecimiento fue menor en este último año. Holdridge y Poveda (7) indican que el árbol habita en elevaciones de bajas a medianas, lo que explica en parte los buenos resultados obtenidos con la plantación de esta especie en Florencia Sur.

La prueba de Chi-cuadrado indica que existe una marcada diferencia en la relación mortalidad-subsitio; teniéndose que en el subsitio uno, los árboles crecen vigorosamente mientras que en el subsitio dos, los árboles mueren, no obstante haber alcanzado una altura de  $6\pm 3$  metros (Cuadro 3). Párraga (13), también encontró que el crecimiento de esta especie es mejor en las partes planas y no en las pendientes.

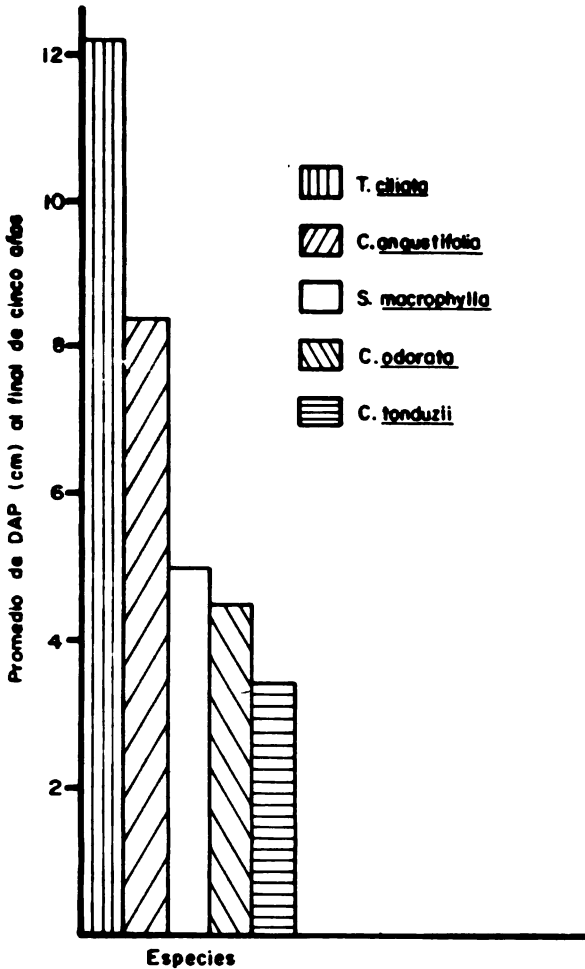
En el subsitio dos se observó un tipo de muerte regresiva ("dieback"). Esta es la única de las cinco especies que posee árboles enfermos (Fig. 2). Aunque Letourneux (10) señala que *T. ciliata* puede ser atacada

fuertemente por el hongo *Fomes lucidus*; y Grijpma (4) indica también que las hojas pueden ser atacadas por *Planococcus* sp., no se ha podido comprobar éstos como causas de enfermedad en la *T. ciliata* sembrada en Florencia Sur. También se observó un ataque de hormigas del género *Atta*, pero no causó daño importante.

Al igual que Otárola *et al.* (12), que obtuvieron en una parcela de *T. ciliata* de 7 años de edad de Florencia Sur, una altura promedio de 14,24 m y un DAP promedio de 15,34 cm, se observó que esta especie tiene ramas en los primeros 3 metros del fuste.

Podemos afirmar que esta especie se adapta bien al clima de Turrialba, y que su resistencia natural al ataque del barrenador, la hacen un posible sustituto a las otras especies del género *Cedrela*; pero no deben de realizarse grandes plantaciones con fines comerciales hasta tanto no se investigue más la causa de la muerte regresiva, se defina exactamente el sitio óptimo para esta especie, y se averigüe mejor la calidad de la madera producida.

Cuadro 2. Promedio de DAP para las cinco especies.



*Cedrela angustifolia*

*C. angustifolia*, es la segunda especie en orden de rapidez de crecimiento en altura y DAP. Arroja un promedio de altura de 6,60 m, lo que implica un crecimiento anual de 1,3 m/año y un DAP promedio de 8,2 cm. es decir, un incremento de 1,6 cm/año (Cuadros 1 y 2).

La prueba de Chi-cuadrado indica que no existe ninguna relación en cuanto a mortalidad-subsitio, si bien se observó que el crecimiento es más vigoroso en el subsitio dos, de pendiente quebrada y se sospecha que de mal drenaje.

*C. angustifolia*, en los años 1974 y 1975 ha mostrado una superioridad significativa en altura y DAP sobre las especies *C. odorata*, *C. tonduzii* y *S. macrophylla*, dando el más bajo porcentaje de mortalidad en relación a las demás especies (Cuadro 3). Aunque esta especie no es nativa de esta zona, se adapta bien al clima desarrollándose vigorosamente en suelos muy húmedos y de drenaje no muy bueno.

La apariencia general de estos árboles es muy conspicua, con fuste recto y con pocas ramas en los primeros 3 metros del fuste. La copa vigorosa, creciendo sin competencia, ha elevado el porcentaje de ataque de *H. grandella*; hemos observado en el campo que cuando la maleza cubre los árboles, el ataque de *H. grandella* es menor.

No se ha observado daños fitopatológicos en esta especie y creemos que el establecimiento de esta especie resultaría muy beneficioso siempre y cuando se haga en tierras óptimas. Hemos encontrado que aún atacada por el barrenador, el árbol prospera muy bien y en este caso, el problema con *H. grandella* es secundario.

*Swietenia macrophylla*

El comportamiento de esta especie es intermedio, en cuanto a altura y DAP, y ocupa el tercer lugar en la escala descendente para las cinco especies estudiadas. Muestra una altura promedio de 3,85 m, lo que indica un crecimiento anual de 0,77 m/año y un DAP promedio de 5,3 cm., 1,1 cm/año (Cuadros 1 y 2).

La prueba de Chi-cuadrado mostró una diferencia en la relación mortalidad-subsitio, obteniéndose más árboles muertos en el subsitio dos, que en el subsitio uno (Cuadro 3). El ataque de *H. grandella* no es muy alto y se da por igual en los dos subsitios (Cuadro 3).

Aparte del ataque del barrenador, no se observa que la especie sufra del ataque de otras plagas. Recomendamos que no se deben hacer establecimientos grandes de esta especie, ya que el árbol sufre de enanismo y tiende a ramificar debido al ataque del barrenador.

Cuadro 3. Número inicial de árboles, de árboles muertos después de cinco años, de árboles enfermos y de árboles atacados por *Hypsipyla*, por especie.

| Especie                      | Número inicial de árboles (1971) | Nº de árboles muertos reportados en 1975 |    | Nº de árboles atacados por <i>Hypsipyla</i> nov 1975 | Nº de árboles enfermos (1975) |
|------------------------------|----------------------------------|--|----|--|-------------------------------|
|                              |                                  | Subsitios 1                              | 2  |  |                               |
| <i>Cedrela tonduzii</i>      | 238                              | 59                                       | 33 | 25   |                               |
| <i>Cedrela odorata</i>       | 250                              | 65                                       | 25 | 8  |                               |
| <i>Cedrela angustifolia</i>  | 244                              | 5  | 4  | 28   |                               |
| <i>Swietenia macrophylla</i> | 237                              | 12                                       | 20 | 28   |                               |
| <i>Toona ciliosa</i>         | 287                              | 10                                       | 74 |  | 13                            |

### *Cedrela odorata*

Esta especie ocupa el cuarto lugar en la escala descendente en cuanto a crecimiento en altura y diámetro. En 1975 muestra una altura promedio de 3,22 m, lo que arroja un crecimiento anual de 0,65 m/año; con un DAP promedio de 4,3 cm, 0,86 cm/año (Cuadros 1 y 2).

La prueba de Chi-cuadrado no mostró diferencia en la mortalidad-subsitio; el ataque de *H. grandella* es más bajo, que podría ser debido a que los árboles de esta especie, al tener poca altura, estaban cubiertos casi en su totalidad por las malezas. En los últimos cuatro años no se observó ataque de otras plagas.

Los datos indican que esta especie no se adapta a este terreno, sufre enanismo y tiende a ramificar debido a la poca adaptabilidad y en parte al ataque del barrenador.

Los resultados nos llevan a pensar que en un sitio óptimo, (bien drenado, con buenos nutrientes, estación seca definida) el árbol quizás se desarrollaría bien superando el ataque de *H. grandella*.

### *Cedrela tonduzii*

De las cinco especies comparadas esta especie muestra el crecimiento en altura y DAP más bajo. La altura promedio es de 2,92 m., 0,58 m/año y un DAP promedio de 3,7 cm., 0,74 cm/año (Cuadros 1 y 2). Además sus porcentajes de mortalidad y ataque de *H. grandella* son entre los más altos (Cuadro 3).

La prueba de Chi-cuadrado indica que muere por igual en los subsitios uno y dos y que el ataque de *H. grandella* ha obligado al árbol a ramificar retardando el crecimiento. La apariencia de estos árboles es mala, con poco follaje y escaso vigor.

Todos los datos indican que Florencia Sur no es un sitio apto para plantar *C. tonduzii*; la especie parece ser más exigente en cuanto al sitio. También como fue plantado en Florencia Sur, *C. tonduzii* está muy afuera de su habitat altitudinal.

### Conclusiones

En esta parcela con cinco especies de Meliaceae hemos concluido lo siguiente: *T. ciliata*, especie introducida de Australia, se adapta muy bien en los primeros cuatro años al clima y suelo de Turrialba. Pero en el quinto año, el crecimiento se retarda mucho. Los mejores resultados fueron obtenidos en la parte plana. En las partes quebradas, esta especie se enferma o sufre de muerte regresiva. *T. ciliata* no fue atacada por *H. grandella*, pero el árbol sufre de alta ramificación. No fue atacada por ninguna otra plaga en Florencia Sur.

*C. angustifolia* resultó muy favorable en Florencia Sur. Mostró un buen crecimiento con muy buena forma aunque es atacada por *H. grandella*. Esta especie soporta bien el ataque del barrenador, si tiene oportunidad de crecer en un buen sitio. Cuando es atacada, *C. angustifolia* sigue creciendo recta y no se ramifica como *C. odorata*, *C. tonduzii* y *S. macrophylla*. Se piensa que esta especie, cuando está plantada en un buen sitio, tiene mucho potencial como productora de madera.

*S. macrophylla*. En Florencia Sur tiene un crecimiento muy lento, con escaso vigor. También el ataque del barrenador ha obligado al árbol a ramificar mucho. Con los resultados podemos afirmar que condiciones semejantes a este sitio no son aptos para el buen comportamiento de esta especie.

*C. odorata*. Su comportamiento es muy parecido al de *S. macrophylla*. Sufre de ramificación debido al ataque del barrenador y a la poca adaptabilidad. Aunque en el valle de Turrialba hay árboles grandes y de buena forma de *C. odorata*, esos árboles se encuentran en micrositos muy bien drenados. Los suelos de Florencia Sur, no tienen el drenaje bueno que demanda esta especie.

*C. tonduzii*. Su crecimiento no resultó bueno ni su resistencia al ataque del barrenador. Como su habitat natural es en las elevaciones más altas, con climas muy húmedos, en la parcela de Florencia Sur esta especie está fuera de su habitat altitudinal.

De las cinco especies estudiadas, *C. angustifolia* resultó muy bien con las condiciones presentes en Florencia Sur. Mostró buen crecimiento y forma recta aunque es atacada por *H. grandella*. Se recomienda el establecimiento de más parcelas experimentales utilizando esta especie. Con respecto al ataque de *H. grandella* se recomienda estudiar la necesidad de una poda bi-anual para sacar los brotes atacados, dejando sólo los brotes vigorosos.

### Literatura Citada

1. AGUIRRE A., V. Estudio de los suelos del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sc., IICA, Turrialba, Costa Rica. 1971. 139 p.
2. ALBA, J. de y SEMPLE, A.T. Investigación sobre forrajes de Turrialba. Publicación Miscelánea No. 33. IICA, Turrialba, Costa Rica. 1965. 25 p.
3. ALLAN, G. G., GARA, R. I. y WILKINS, R. M. The evaluation of some systemic insecticides for the control of larvae in *Cedrela odorata* L. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller). Vol. I. IICA-CIDIA. Miscellaneous Publication No. 101. Turrialba, Costa Rica. 1973. pp. 40-48.

4. GRIJPMAN, P. y RAMALHO, R. *Toona* spp., posibles alternativas para el problema del barrenador *Hypsipyla grandella* de las Meliáceas en América Latina. Turrialba 19(4):531-547. 1969.
5. ————— y STYLES, B.T. Bibliografía selectiva sobre Meliáceas. Bibliografía No. 14. IICA-CIDIA, Turrialba, Costa Rica. 1973. 124 p.
6. —————. (ed.) Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller). Vol. I. IICA-CIDIA, Miscellaneous Publication No. 101. Turrialba, Costa Rica. 1973. 91 p.
7. HOLDRIDGE, L. R. y POVEDA A., L.J. Árboles de Costa Rica. Vol. I. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica. 1975. 546 p.
8. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS. Resumen de datos climatológicos desde la iniciación de observaciones hasta diciembre 31, 1970. Turrialba, Costa Rica. 1971. 1 p. (Mimeografiado).
9. LAMB, A.F.A. Especies maderables de crecimiento rápido en la tierra baja tropical, *Cedrela odorata*. Boletín IFLAIC No. 30-31: 15-59. 1969.
10. LETOURNEUX, C. Les méthodes de plantations forestières en Asie Tropicale. FAO: cahier No. 11. 1967. 178 p.
11. MELCHIOR, G. y QUIJADA, M. Sobre el comportamiento de unas procedencias exóticas de *Cedrela odorata* comparadas con una de *C. angustifolia* nativa y plantadas como "stumps" en condiciones de vivero. Boletín IFLAIC No. 41-42: 57-62. 1972.
12. OTAROLA, A., WHITMORE, J.L. y SALAZAR, R. Análisis de 12 plantaciones de *Toona ciliata* en Turrialba, Costa Rica. Turrialba 26(1). 1976. (Imprenta).
13. PARRAGA A., R. Costo de establecimiento de plantaciones con *Toona ciliata* M. Roem., en Turrialba, bajo tres métodos de preparación de sitio. Tesis Mag. Sc., IICA. Turrialba, Costa Rica. 1972. 65 p.
14. STERRINGA, J.T. Bibliografía sobre Silvicultura y Ecología Forestal Tropical. IICA-CIDIA. Bibliog. No. 43. Turrialba, Costa Rica. 1975. 282 p.
15. STYLES, B.T. and VOSA, C.G. Chromosome number in the Meliaceae. Taxon 20(4):484-499. 1971.
16. WHITMORE, J. L. and HARTSHORN, G.S. Literature Review of Common Tropical Trees. Institute of Forest Products. College of Forest Resources. University of Washington. Contribution No. 8. 1969. p. 24.
17. ZANONI M., C.A. Propagación vegetativa por estacas de ocho especies forestales. Tesis Mag. Sc., UCR-CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1975. 100 p.

# BREEDING PARASITES FOR RELEASE AGAINST *HYPSSIPYLA GRANDELLA* (ZELLER)\*

F.D. Bennett

Commonwealth Institute of  
Biological Control  
Curepe, Trinidad

## COMPENDIO

El objetivo de un programa de crianza masiva de parásitos es: producir el número máximo de parásitos para soltar en el momento óptimo, al costo menor posible en términos de materiales y mano de obra, sin perder caracteres deseables en la población artificial de parásitos.

Para el propuesto control de *Hypsipyla* con parásitos, se necesita conocer completamente la dinámica poblacional, tanto de *Hypsipyla* como del parásito. También se requiere un buen método de crianza masiva del parásito. Un problema es que la crianza artificial a veces produce una población artificial, o sea una que actúa de una manera anormal.

Para lograr este objetivo hay varias técnicas para criar y para soltar parásitos en forma masiva, aquí descritas en detalle.

## Introduction

Our experience in breeding parasites for release against *Hypsipyla grandella* (Zeller) in Trinidad is restricted mainly to half a dozen species of parasites of *H. robusta* (Moore) obtained from our Indian Station. Because of their general scarcity we have not worked out in detail breeding techniques for most of those species known to occur in Trinidad. Before going into details of breeding techniques for individual species I shall make some general remarks about mass rearing parasites. A satisfactory supply of hosts is one of the most important requirements for breeding parasites. I would draw your attention to the book "Insect Colonization and Mass Production" edited by Carrol M. Smith, Academic Press 1966. In this text there are over 200 pages dealing with diets and rearing procedures including in some instances the preparation and use of artificial diets, methods of disease prevention, automation and mass rearing and production costs. Another valuable reference book is "Biological Control of Insect Pests and Weeds" edited by P. DeBach (1964) of which the chapter "Culture of Entomophagous Insects and their Hosts" is particularly pertinent.

While *Hypsipyla* spp. and their parasites are not mentioned, these texts provide a useful starting guide for those with little or no experience in culturing insects. The paper by Sterringa (1973) indicates that a very satisfactory breeding method and a suitable synthetic diet have been devised for the laboratory production of *H. grandella*. Similarly a satisfactory diet for *H. robusta* has been worked out (Achan 1968). Be that as it may most long term breeding programmes do encounter difficulties periodically e.g. problems with disease, atypical behavior due to inbreeding etc. and hence recourse to the experience of others is useful. The first book that I mentioned (Smith 1966) contains a chapter on the rearing of parasites and predators by F. J. Simmonds. Most of his experience, as with mine, has been with classical biological control i.e. the introduction of exotic species with the aim of establishing the natural enemy in its new environment and permitting a buildup to occur at the expense of its host in the field. Even though this buildup may require two or more host generations (or years in a temperate climate) classical biological control, where successful, provides continuing permanent control. This approach differs from that of inundative releases wherein a native, or at times an exotic (introduced) natural enemy is released in large numbers to "swamp" the existing pest population and achieve immediate control. However, this latter type of

\* Proceedings First Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*, IICA-CTEI (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 1973

control seldom leads to long term permanent control and the benefits seldom persist for more than that generation. Populations of the pest usually climb back to their previous level once releases are terminated. There are of course all intermediate stages wherein fairly large scale releases have to be repeated for several years (e.g. the permanent establishment of *Lixophaga diatraeae* (Townsend) in Barbados was not successful until more than 30 years after the first releases were made) or where inoculative releases have to be made seasonally to augment the existing populations to raise them to the level required to provide satisfactory control. This method has been practised for the control of *Diatraea saccharalis* (Fab.) in Perú (Risco 1963).

As increasing emphasis is being placed on pest management there is added need for developing mass breeding programmes and efficient foolproof economical means of producing a variety of natural enemies particularly where a crop is attacked by a range of pests. Mass releases are usually timed to coincide with periods when low levels of natural parasitism or predation occur and tend to be made on high value short term crops where there is a reasonably quick financial return for the expenditure involved. Hence if this method i.e. mass releases of a native parasite were considered for the control of *Hypsipyla grandella* very low production costs and an efficient low cost method of dissemination of the natural enemies would be required. A thorough knowledge of the dynamics of the pest so that releases can be correctly timed is also necessary.

In mass rearing programmes, given a choice of several parasites, consideration may be given to the stage of the pest attacked when selecting the parasite to be released. In earlier mass-release programmes particularly where only a relatively low damage threshold is permitted the use of egg parasites has been favoured partly because of the ease in mass producing them and partly because they destroy the pest before it causes any damage to the host plant. In classical biological control this is less important because there is usually a tacit understanding that damage will continue to occur until the introduced species increases to the point where it reduces the entire pest population to the level where in subsequent generations it causes insignificant damage. In biological control the aim is seldom, if ever, eradication but to establish a self-perpetuating system whereby the control agents permit the pest populations to fluctuate below an economic threshold. Thus larval or pupal parasites which do not act until their host has caused damage figure equally or more prominently than egg parasites in programmes of classical biological control. As this is more relevant to my topic for this afternoon I shall not pursue this at present. The point I was leading up to is that it has often proved more economical to base a mass breeding programme on a factitious or unnatural host which can be readily mass-produced on a

simple natural diet under normal laboratory conditions rather than on a more elaborate diet prepared under very hygienic conditions. Thus it has been shown repeatedly that the mass rearing of most egg parasites of the genera *Trichogramma* and *Trichogrammatoidea* can be most efficiently carried out on a stored product's pest e.g. *Corcyra cephalonica* (Stainton) or *Sitotroga cerealella* (Olivier) or on the wax moth *Galleria mellonella* (L.). However, in science nothing is static and the recent "break-through" in the USA resulting in the development of a synthetic egg on which *Trichogramma* spp. can complete development, may eventually obviate the need for the rearing of any host insect for the laboratory production of *Trichogramma* spp. However, a word of caution should be given both for the use of unnatural hosts and for the use of hosts reared on an artificial diet.

In Trinidad where we have been studying the host range of parasites of *Diatraea* spp. and related graminaceous stalk borers we have circumstantial evidence suggesting that larvae of *Diatraea centrella* (Mosch.) when reared on sugarcane are unsuitable hosts for the development of the Tachinid *Paratheresia claripalpis* (Van der Wulp) whereas this parasite develops more successfully if the host larvae are reared on certain wild grasses or on a synthetic medium modified slightly from that described by Hensley and Hammond (1969). Hence the results of host suitability tests with an introduced parasite of a related pest could vary dependent on whether the candidate host was reared on its natural host or on an artificial substrate. It has of course been known for many years that the scale parasite *Habrolepis rouxi* (Compere) cannot develop on California red scale cultured on *Cycas revolutus* (Thunb.) whereas it breeds readily on this host on citrus (Smith 1957).

As another example, Entienne (1971) after previously reporting the successful breeding of *Lixophaga diatraeae*, a parasite of *Diatraea saccharalis* on the wax moth *Galleria mellonella*, reported that, while successful larval development occurred, the fecundity of females and the ability of males to copulate successfully with females were so impaired that stocks of the parasite could not be maintained beyond the second or third generation on this host. This is at odds with our investigations on the same parasite on the same host and the difference in the results may be due to the medium on which *G. mellonella* was reared. Of course mention of host unsuitability should not come as a surprise in view of the work here in Costa Rica on the natural resistance of Australian cedar to attack by *H. grandella* (Grijpma 1973).

Despite these reservations, pests of stored products are still widely used for rearing egg parasites and some of them are also suitable laboratory hosts for egg-larval parasites, larval ectoparasites and pupal parasites.

## DESIRABLE TRAITS OF A LABORATORY HOST

The objectives of a mass breeding programme are to produce maximum numbers of parasites at the optimum time for release at the lowest cost in terms of materials and labour without the loss of desirable traits in the parasite populations. To achieve these goals the attributes of an ideal laboratory host as outlined by Finney and Fisher (1964) with slight modifications are:

1. The host is readily accepted by the parasite.
2. It is readily cultured on the host medium.

These two points appear to be obvious but there are instances where techniques devised at one laboratory do not work at another, perhaps for lack of attention to detail or where a slight modification of the host's diet may be required. For example, several diets have been worked out for *D. saccharalis* and frequently, if not invariably, workers experimenting with them for the first time run into difficulties. This is not always a bad thing. For example we have found that the addition of finely ground bagasse thereby slightly lowering the moisture content gives us better results under our humid conditions, than the diet that Hensley and Hammond (1969) developed for Louisiana conditions.

3. The host accepts several rearing media.

This point is less important where the components of artificial diets are readily available, or if reared on plant material, a suitable supply can be obtained the year round. In Trinidad delays of two to six months in delivery of supplies ordered from abroad are not unusual, so species of insects that will accept locally available substitute diets are useful.

4. It produces no detrimental biproducts.

As I will outline later, we rear *Phanerotomma* sp. on *Corcyra*. While this host is suitable where parasite adults can emerge and be liberated it is not an ideal one if the parasites are to be shipped in the cocoon stage because the host larvae produces thick silken tunnels and pupal cases from which the parasite cocoons cannot be readily collected.

5. It has a rapid rate of increase.

If parasite releases are required for only part of the year it is desirable to have a host that

can be maintained readily at a low level but with the ability to reproduce rapidly and in large numbers when it is required.

6. It mates readily in confinement.

While this is generally not a problem with moths such as *Corcyra* or *Sitotroga*, it may be with certain Diptera, with butterflies, and to some extent with *Hypsipylla*.

7. It can be readily exposed to the parasite.

As an example, eggs of *Corcyra* or *Sitotroga* can be more readily concentrated for mass exposure to egg parasites than can those of *Hypsipylla*.

8. It is highly immune to disease.

The outbreak of a disease in host cultures can destroy an entire colony. Some disease organisms can be transferred from host to host on the ovipositor of the parasite and in this manner may be spread throughout the culture resulting in the loss of both host and the parasite's progeny.

9. It exhibits little internecine or cannibalistic activity.

Often closely related species differ considerably in this aspect. For example, several larvae of *D. saccharalis* can be reared in the same container whereas those of *D. lineolata* Wik. damage each other when placed in close confinement.

## REARING METHODS FOR *CORCYRA CEPHALONICA*

I will give a description of the breeding techniques used in Trinidad. Bear in mind that this as described has been used for the production of exotic parasites for the classical biological control, i.e. aimed at the production of a few thousand parasites per week rather than the millions per day frequently required for inundative releases.

To initiate a culture of this stored product's moth, which we have used successfully to breed the egg parasite *Trichogrammatoidea nana* (Zehnt.) and the egg-larval parasite *Phanerotoma* sp. as well as parasites of other pests, adults collected from a nearby feed mill were confined in a 6" diameter 5" deep plastic dish. The eggs which are laid on the bottom of the dish or adhere lightly to the sides and top are readily dislodged by means of a camel hair brush whereupon they are transferred 300-500 per dish to other plastic dishes which contain around 1/2 lb of corn meal, and have



ventilated tops. These may be left undisturbed until the adults of the next generation begin to emerge, or the contents of several containers transferred to a large sleeve cage i.e. a 3' x 1 1/2' wooden boxlike structure with a glass top, two cloth sleeves fitted to 6" diameter circular holes in the front of the cage — which permit the entry of the hands and collecting equipment — and a cloth panel for ventilation let into the back of the cage. The moths are collected daily and placed in the plastic oviposition dish and cycle repeated. Food in the form of honey droplets on strips of wax paper is provided as a precautionary measure although moths will oviposit in the absence of this food.

The life cycle of *C. cephalonica* ranges from five to six weeks dependent on the diet and temperature; the egg stage is usually less than 48 hours, the larval stage about four weeks and the pupal stage 7-10 days.

It would be relatively straightforward and not too costly a step to proceed from these simple methods to one wherein *Corcyra* larvae are reared in banks of trays within a specially designed cabinet in which the emerging moths can be collected by a suction apparatus or knocked down with a non-lethal anesthetic, e.g. a carbon dioxide — ether mixture, collected and placed in special screen mesh oviposition cages which the eggs are brushed off or drop unaided into a receptacle below and the numbers of eggs harvested daily are measured in grams or ounces. Boles and Markze (1966) have summarized rearing techniques for several stored product pests.

## REARING TECHNIQUES FOR PARASITES

One can list desirable traits for parasites and predators both from the point of ease in mass rearing them in the laboratory and their behavior in the field. This afternoon I shall consider the useful attributes of parasites and predators which are useful from the point of effectiveness in the field. For laboratory production species that mate readily, have a high reproductive potential, have a short life-cycle, can be readily manipulated, can be stored for prolonged period at low temperatures and can be easily released in the field would appear to be most desirable. However, the ease with which a species can be reared in the laboratory does not necessarily bear a direct relationship with its efficiency in the field, a point which at times is apparently overlooked. The release of 100 individuals of one species may have a greater impact on pest populations than the release of a million of another species.

As mentioned in the introduction, the biology and breeding techniques of several species have been studied at either the Indian or West Indian Station. Breeding techniques for other species while they have not been worked out should follow the same pattern as one or

more of these other species, and for convenience I have grouped certain of these and will discuss these together.

In Trinidad our rearing rooms are not airconditioned and the temperature and relative humidity are dependent on the weather. However, temperatures rise daily to 85-88°F and drop to 78-85°F at night. The relative humidity fluctuates much more widely, rising to 90 percent or higher during the wet season and dropping to 50 percent or lower in the dry season. In India most of these parasites have been reared at both lower and higher temperatures and hence it would appear that most of the parasites are tolerant to conditions likely to prevail in most laboratories in Latin America.

## Egg Parasites

Species of *Trichogramma* and *Trichogrammatoidea* have been reared from *Hypsipyla* spp. in the Neotropics as well as from Asia. Most if not all species of these genera can be reared readily on the eggs of Lepidopterous stored product pests of the genera *Ephestia*, *Corcyra* and *Sitotroga* as well as on eggs of *Hypsipyla*. In Trinidad for breeding *Trichogrammatoidea nana*, we coat index cards lightly with an adhesive paste (any commercially available musilage or gum arabic glue prepared for office use). While the paste is still liquid sprinkle *Corcyra* eggs on to it, usually 50 to 100 per square inch. Much greater densities are possible and can be used if extensive breeding programmes are planned. The cards are then cut into 1" x 3 1/2" strips, and inserted into 1" x 4" glass vials. After holding the vials in the refrigerator for 24 hours at 27-28°F to kill the eggs, adults of *T. nana* are added together with fine droplets of honey to serve as food and the vials stopped with plugs of absorbent cotton. The "egg strips" are replaced with others 48 hours later and the cards then held for parasite emergence. The parasite completes its development within 8-9 days and the adults live for 4-5 days. Alternatively if releases are to be made in another country the vials containing the *Corcyra* eggs and the adults are packaged and sent by air mail or air express. The adults continue to parasitise the eggs in route and while they may die before arrival, the parasitised eggs or adults emerging therefrom are released.

Dysart (1972) has noted that in Russia some entomologists recommend that *Trichogramma* should be reared under temperatures that fluctuate diurnally to match outdoor conditions. This is considered to produce *Trichogramma* adults with greater vigour and better searching ability than those reared under constant temperatures. Also in Russia rather than gluing eggs to paper strips they are attached to the inner surface of lantern globes as follows: A clear lantern globe is chilled to produce condensation; eggs are added and the globe is resolved slowly. The eggs stick to the condensation and remain in place after the lantern globe becomes dry. The ends of the globe are covered with cloth held in place by

elastic bands and *Trichogramma* adults are added. Later the parasitised eggs are brushed from the glass and the emerging adults are released in the field.

### Egg-Larval Parasites

To date the only *Hypsipyla* parasites belonging to this group are *Phanerotoma hendicassiella* (Cam.) and *Phanerotoma* sp. (see Rao and Bennet 1969). We have bred several thousand adults of the latter species on *Corcyra*. The system of exposing eggs for parasitism is the same as for *T. nana* with three important differences. First because it is an egg-larval parasite and little development occurs until the host egg has hatched and the larvae partially developed, the eggs must not be sterilized. Secondly fewer eggs more widely spaced should be placed on the card and hence smaller numbers of parasite adults should be added, i.e. 5 females per 100 eggs per 1" x 3" card. Finally the cards of eggs after they are parasitised are placed in plastic rearing containers, containing corn meal. The hatching *Corcyra* larvae including those containing parasite eggs feed on the corn meal and 20-22 days later form pupal chambers. The developing *Phanerotoma* larva kills the host at this stage and spins the cocoon within the pupal chamber of its host (Yaseen and Bennet 1972). Adults emerge 7-8 days later. If a piece of corrugated card-board is placed on top of the corn meal about 15 days after parasites are added many of the *Corcyra* larvae construct their pupal chambers between the corrugations. A few days later these are examined and the unparasitised *Corcyras*, removed; *Phanerotoma* cocoons obtained in this manner can be shipped for release or held for adult emergence. Finney, Flanders and Smith (1947) described a technique wherein the silk of the host cocoons is dissolved in dilute sodium hypochlorite leaving those of the parasite intact. Most commercial and household bleaches contain about 5 percent of this chemical and can be used — one part bleach to one part water. While I have used this technique for another species *Phanerotoma bennetti* Mues., it has not worked as well for the present species because the silk produced by *Corcyra* dissolves less readily than that of the potato tuber moth used by Finney and his colleagues or of *Ancylostomia stercorea* (Zell.), the species on which I was rearing *P. bennetti*.

### Hymenopterous Larval Parasites

While the larval hymenopterous parasites can be divided into several categories I have used only two groupings — a) endoparasites and b) ectoparasites — because the methods of the exposure for the species I shall discuss, fall conveniently into these. There are, however, species of endoparasites for which the rearing methods described for ectoparasites are more appropriate.

### Endoparasites

Species in this group usually attack the host rapidly inserting the ovipositor through the host integument and depositing one or more eggs and the hosts can be exposed as naked larvae. There are Old World and New World species of *Apanteles* which attack *Hypsipyla* — some of them are solitary species i.e. only one parasite per host whereas other are gregarious with ten or more parasites developing in each host. The state of host attacked may also vary but for the species that have been studied — *Apanteles* sp. near *puera* Wlkn., *Apanteles* sp. nr *vitripennis* Fab., and *A. leptoura* Cam. — first and second or first to third instar *Hypsipyla* larvae are attacked and the fullgrown parasite larvae usually emerge from the third or fourth instar hosts. The egg-larval period is two to three weeks and the pupal period seven days or longer, dependent on the temperature. Adults mate readily shortly after emergence and the females commence oviposition the following day.

In our investigations hosts were exposed individually to the parasite adults by inserting a larva of the appropriate size held in a pair of forceps into a 1" x 4" glass vial containing one or more mated *Apanteles* females. As the closed end of the vial is held towards the light source, either towards the window or towards a lamp, the adults which are positively phototactic remain in the vial. If the females are active, attack and oviposition occur within a few seconds. Larvae are offered in succession as long as females continue to show interest. With some of the gregarious *Apanteles* parasitic on graminaceous stalk borers more than 50 parasites develop per host and the females lose interest after attacking one or two hosts. The parasitised larvae are reared individually on young meliaceous shoots or on artificial diet. As suitable alternate laboratory hosts have not been found for these parasites it is necessary to have a good culture of *Hypsipyla*. Host larvae cease feeding 8-10 days after parasitization and the parasite larvae emerge from their hosts 6-8 days later and spin cocoons. The adults which emerge 7-10 days later usually live for two weeks.

It would seem likely that *Hypomicrogaster hypsipyllae* DeSantis which attacks *H. grandella* in Costa Rica could be bred in the laboratory, utilizing these techniques.

### Ectoparasites

These are species which lay their eggs on the integument of the host or in the tunnel near the host. Some species paralyse the host either temporally or permanently before ovipositing and in the latter instance the host larva ceases to feed. While the adults of some species of this category e.g. *Hormius* sp. enter the tunnel, others pierce the stem with their ovipositor or

insert the ovipositor through a hole made by the *Hypsipyla* larvae e.g. *Afrephialtes* sp. Accordingly I have treated these under the category of "Host exposed within tunnels" and shall describe a breeding technique, somewhat modified from that developed by Mathur (1967) for *Afrephialtes* sp. which we are using in Trinidad. Details of this technique have also been given by Yaseen and Bennett (1972). Females mate immediately after emergence when placed in a 1' x 1' x 1' cage with males which are a few days old. Mated females are transferred to other similar cages and fed on dilute honey during a preoviposition period of three to five days. Twigs containing late third or fourth stage larvae are placed either upright or horizontally on a sponge on the bottom of the cage. In Trinidad twigs approx. 4" in length are split longitudinally, a cavity excavated in the pith and a small hole drilled to the exterior in one half. A *Hypsipyla* larva is placed in the cavity and the two pieces of the twig then reassembled and held in place by fastening a rubberband around each end. The female after probing the twig with her antennae inserts her ovipositor through the small hole and stings the larva (Fig. 1). She then deposits an egg on or beside the larva and withdraws the ovipositor. The process of stinging and oviposition may last 15 minutes or longer. It is preferable to remove the twig after parasitism occurs to prevent superparasitism or excessive feeding on the host larva by the parasite adult. Eggs hatch 2-3 days after oviposition and larval development is completed in 6-7 days. A cocoon is constructed within the shoot. The pupal period may be as short as 12 days or, under winter conditions in India, as long as four to five months.



Fig. 1. *Afrephialtes* sp. female parasitising host within stem of *Cedrela*.

Paralysed hosts if kept too moist may be attacked by fungi before the parasite completes its development but on the other hand if kept too dry they shrivel and the parasite dies.

## Dipterous Larval Parasites

At least four species of Tachinid flies are known to attack *H. robusta* in India and two species to attack *Hypsipyla* spp. in the Neotropics. While some Tachinids oviposit or larviposit on unconcealed host larvae and can be offered naked larvae in an open cage it is customary practice when breeding certain of the Tachinid parasites of sugarcane borers to hold the flies until 10 days after mating then dissect the females in a drop of saline solution or tap water and inoculate a host larva by placing one or more of the parasite maggots onto the integument (Bennett 1968). The host larvae are then placed individually in 3" x 3/4" glass vials and fed on the appropriate medium until the fully developed parasite larvae emerge, either from the host larvae or pupae. Puparia are held on damp moss in wooden emergence boxes until the adults emerge. These are transferred to 14" x 10" x 10" mating cages with nylon mesh side and back panels with a sliding plastic front. Split raisins, honey, and cotton wool pads soaked in dilute sugar-water provide food and are changed daily to prevent fermentation. Mated females are transferred and held until gravid in 4" x 4" x 4" cages of similar design, 5-10 per cage. These techniques as described have been developed for breeding sugarcane borer parasites but should be applicable to one or more of the Tachinids recorded from *Hypsipyla* spp.

## Pupal Parasites

In Trinidad two of the Indian pupal parasites *Antrocephalis renalis* Waterston and *Tetrastichus spirabilis* Waterston have been bred and shipped for release in several of the West Indian Islands. Both species attack the freshly formed pupa *within* the cocoon. Adults will seldom accept naked pupae. The breeding techniques are similar for both species and are quite simple. Cocoons containing fresh pupae are glued lightly to 3 1/2" x 1" cardboard strips and placed in 1" x 4" glass vials together with one or two females of *A. renalis* or 10-20 females of *T. spirabilis* and left for one or two days. The cardboard strips of cocoons are then replaced with similar ones. Alternatively for *A. renalis*, 50-100 cocoons glued to a larger card can be placed in circular plastic containers 6" in diameter and 4" in depth and exposed to 10-20 adults of *A. renalis*. In both techniques honey droplets are provided as food for the parasite adults.

*A. renalis* is a solitary endoparasite, the life cycle including a three to four day preoviposition period being 21-25 days. *T. spirabilis* is a gregarious endoparasite, frequently 100 or more adults emerging from one host. The life cycle is quite similar in duration except that females will oviposit on the day after emergence. Additional details for breeding these two species are given by Yaseen and Bennet (1972).

## Methods for releasing parasites

In Trinidad releases of *A. renalis*, *T. spirabilis*, *Trichogrammatoidea nana* and *Phanerotoma* sp. have been made (Bennett and Yaseen 1972). Usually parasite adults have been released but occasionally cards of *Corcyra* eggs parasitised by *T. nana* have been attached to leaves or twigs of cedar and mahogany or to the pods of *Carapa*. Emerging adults are usually held either in 1" x 5" glass vials or in 6" diameter plastic dishes already described, and fed on honey droplets for a day or two to ensure that mating has taken place before release in the field. A most important consideration when transporting parasites to the field is to avoid placing the vials or plastic containers in direct sunlight because the adults are rapidly killed by the high temperatures which develop. For this reason the containers are transported within a cardboard or wooden box. On arrival the parasite adults are released on the branches of infested trees or, where the trees are tall, on the tree trunks or on nearby low vegetation. A few adults per tree on several consecutive trees is preferable to making a large release on one tree.

For the shipment of species other than trichogrammatids, it is preferable to ship the parasites while they are in the pupal stage when they require no attention, or food. As freshly formed cocoons glued to cardboard strips which are stapled to the side of a 6" x 4" x 3 1/2" wooden box do not emerge for at least a week, it is possible to dispatch material by air mail or air express to most parts of the world. If food in the form of split raisins, and sponge soaked in diluted honey is added, emerging adults will also survive for several days. Similarly adults of the smaller parasites, e.g. *T. spirabilis* and *Phanerotoma* sp. survive for several days in glass or plastic vials when provided with honey droplets as food, kept out of direct sunlight and away from extreme heat or cold. At present, CIBC has only four species of the Indian *Hypsipyla* parasites, *Phanerotoma* sp., *Tetrastichus spirabilis*, *Trichogrammatoidea nana* and *Afrephialtes* sp., under culture in Trinidad. Other species of *Hypsipyla* parasites can be obtained from India and possibly also from Africa if there is sufficient interest and provided funds to cover the costs of investigations can be obtained.

## Discussion

The methods outlined have purposely been kept general rather than attempting to describe each step in handling each species in detail. Most of the parasites will attack hosts under relatively simple conditions and it is preferable to evolve methods with equipment locally available rather than relying on sophisticated rearing chambers which may not be readily obtainable, or easy to repair. Of course if long term rearing programmes are

being considered, considerable thought and planning should be given to the construction of rearing facilities and to obtaining equipment which can be easily maintained or if expendable, can be readily and cheaply replaced.

## Acknowledgements

Much of the information contained herein is based on techniques developed at the Indian Station, Commonwealth Institute of Biological Control, with certain modifications devised at the West Indian Station. Grateful acknowledgement is accorded herewith. Mr. Pieter Grijpma, Coordinator, Inter-American Working Group on *Hypsipyla*, kindly reviewed the manuscript and offered useful suggestions.

## References

1. ACHAN, P. D. Preliminary observations on the development of an artificial diet for *Hypsipyla robusta* Moore. Tech. Bull. Commonw. Inst. Biol. Control 10:23-16. 1969.
2. BENNETT, F. C. Tachinid flies as biological control agents for sugarcane moth borers. Pests of Sugarcane. Edited by J. R. Williams *et al.* Elsevier Publ. Co., London. 1969. pp. 117-148.
3. ——— and YASEEN, M. Parasite introductions for the biological control of three insect pests in the Lesser Antilles and British Honduras. PANS 18:468-474. 1972.
4. BOLES, H. P. and MARKZE. Lepidoptera infesting stored products. *In* Insect Colonization and Mass Production. Edited by C. N. Smith. Academic Press, N. Y. 1966. pp. 259-270.
5. DEBACH, P. Biological control of insect pests and weeds. Edited by P. DeBach. Chapman & Hall, London, 1964. 844 pp.
6. DYSART, R. J. The use of *Trichogramma* in the USSR. Proc. Tall Timbers Conf. on Ecol. Animal Control by Habitat Manag., No. 4:165-172. 1972.
7. ETIENNE, J. Lutte contre les borers de la canne. Inst. Recherches Agron. Trop. Reunion. Report Annual, 1971. pp. 45-46.
8. FINNEY, G. L. and FISHER, T. W. Culture of entomophagous insects and their hosts. Biological Control of Insect Pests and Weeds. Edited by P. DeBach. Chapman & Hall, London, 1964. pp. 328-357.
9. FINNEY, G. L. FLANDERS, S. E. and SMITH, H. S. Mass Culture of *Macrocentrus ancylivorus* and its host the potato tuber moth. Hilgardia 17:437-483. 1947.

10. GRIJPMA, P. Resistencia natural del cedro australiano al ataque de *Hypsipyla grandella*. Proc. Simpos. sobre Control Integral de *Hypsipyla*, 5-12 de marzo de 1973. Turrialba, Costa Rica.
11. HENSLEY, S. D. and HAMMOND, A. M. Laboratory techniques for rearing the sugarcane borer on an artificial diet. Jour. Econ. Ent. 61:1742-1743. 1969.
12. MATHUR, K. C. Notes on *Apistephialtes* sp., an Ichneumonid larval parasite of *Hypsipyla grandella* (Moore) in India. Tech. Bull., Commonw. Inst. Biol. Control 9:133-135. 1967.
13. RAO, V. P. and BENNETT, F. D. Possibilities of biological control of the meliaceous shootborers *Hypsipyla* spp. (Lepidoptera:Phycitidae). Tech. Bull., Commonw. Inst. Biol. Control 12:61-81. 1969.
14. RISCO, S. H. Combate biológico contra *Diatraea saccharalis* Fabr. en las plantaciones de la Hacienda Cartavio (Trujillo). Revta. Perú. Ent. Agric. 3:6-10. 1963.
15. SIMMONDS, F. J. Insect parasites and predators. In Insect Colonization and Mass Production. Edited by C. N. Smith. Academic Press, London, 1966. pp. 489-499.
16. SMITH, J. M. Effects of the food plant of California red scale *Aonidiella aurantii* (Mask.) on reproduction of the hymenopterous parasites. Can. Ent. 89:219-230. 1957.
17. SMITH, C. N. Insect colonization and mass production. Edited by C. N. Smith. Academic Press, London, 1966. 618 pp.
18. STERRINGA, J. Crianza artificial de *Hypsipyla grandella*. Proc. Simposio sobre Control Integral de *Hypsipyla*, 5-12 de marzo de 1973. Turrialba, Costa Rica.
19. YASEEN, M. and BENNETT, F. D. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera:Pyralidae) XIII. Methods for breeding parasites for release against *Hypsipyla* spp. in Latin America. Turrialba 22:463-467. 1972.

## LIFE CYCLE OF *HYPSIPYLA GRANDELLA* (ZELLER)

*Edward H. Holsten*

College of Forest Resources  
University of Washington, Seattle



**Fig. 1.** Egg of *H. grandella*: Eggs are deposited singularly in the early morning hours on leaf scars, new shoots, leaf veins and fruits of host material. Recently deposited eggs are white and if fertile, turn red within 24 hrs. If the eggs are black, they have been parasitized by Trichogrammatidae. 1st instar larvae emerge after 3 days of incubation.



**Fig. 2.** 4th instar larva: Recently emerged larvae begin feeding on tender shoots. As larval development progresses, feeding continues down the terminal shoot. Likewise, the fruits and seeds of many Meliaceae species are consumed. *H. grandella* larvae spend 10% of their time outside of the stem or fruit in activities of feeding, web building, molting, silking and pupating. Shoot-borer larvae, for the first four instars, are cream colored.



**Fig. 3.** The 5th, and last instar larva is blue in color. The entrance hole of *H. grandella* is characteristically blocked with resin, frass, and webbing. The larvae continually clean out the gallery of boring material and excrement. The duration of the larval stage is approximately 30 days (5 instars).



**Fig. 4.** Pupa of *H. grandella*: The majority of the larvae pupate in larval galleries. Occasionally larvae pupate in the soil beneath the attacked tree. Average duration of the pupal stage is 8-10 days.



5 A



5 B



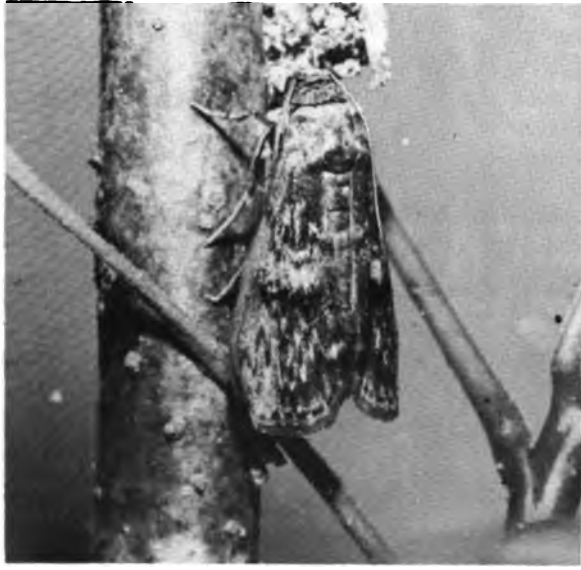
5 C

Fig. 5. Wing expansion: Peak adult emergence occurs just before dark between 15 and 0 lux light intensity. Shortly after emergence, wing expansion and drying take place. Total time from emergence to completion of wing expansion is 11 min. A 1:1 sex ratio is common.



5 D



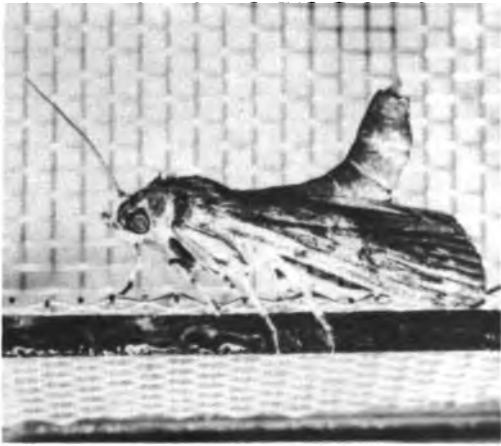


**6 A**

**Fig. 6.** Recently emerged *H. grandella* adults: Adults are nocturnal. During the day they remain hidden among grass or tree foliage. Females are attracted to suitable host material via olfactory cues emanating from new growth. Upon host selection, the female attracts responsive males via a potent sex attractant. Adult activity reaches a peak between 0200 and 0300 hrs.



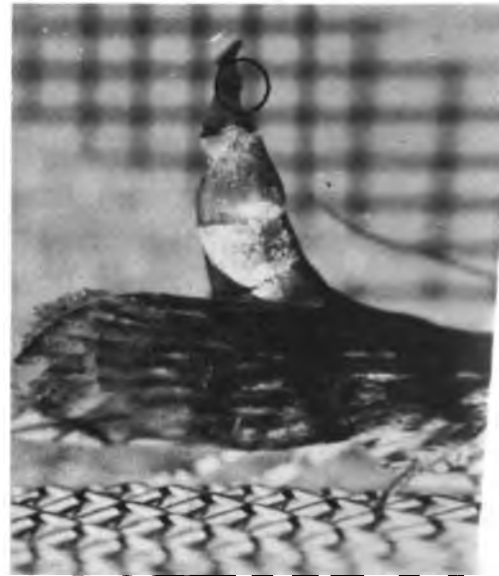
**6 B**



7 A



7 B



7 C

Fig. 7. Readiness to mate is shown by the female calling position (7a). The genitalia and pheromone gland (circled area in 7b, 7c) are extruded and the female sex attractant is released. Peak calling time is at 0200 hrs. and lasts for 95 min. Responding males fly or walk to the rear of females and brush their antennae

over the female's abdomen. Males move into an orthogonal position to the female and move their abdomen at a  $45^{\circ}$  angle to clasp the female's genitalia. Courtship is completed in 30 sec. Females mate only once. Males mate once per evening on three consecutive evenings.



Fig. 8. Couples remain attached for an average of 123 minutes in a posterior - to - posterior mating position. After copulation, females deposit eggs in the evening and early morning hours until their death. Females deposit an average of 319 fertile eggs over a period of 5.8 days. The duration of the adult stage (in captivity) is 7.88 days for females vs. 6.25 days for males.



DOCUMENTO  
MICROFILMADO  
Fecha: .....

Impreso en  
Artes Graficas de Centroamerica S. A.