

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION  
ESCUELA DE POSTGRADO

VARIACION EN RESISTENCIA DE CEDRO (*Cedrela odorata* L.)  
AL ATAQUE DE *Hypsipyla grandella* Zeller EN COSTA RICA

Por

**JULIO GUSTAVO LOPEZ PAYES**

Turrialba, Costa Rica  
1996

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

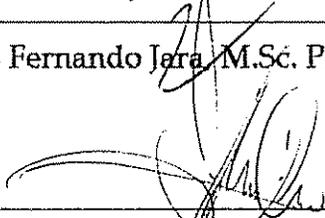
*MAGISTER SCIENTIAE*

FIRMANTES:



---

Luis Fernando Jara, M.Sc. Profesor Consejero



---

Francisco Mesén, Ph.D. Miembro Comité Asesor

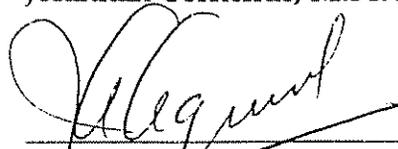


---

Pedro Oñoro, Ph.D. Miembro Comité Asesor

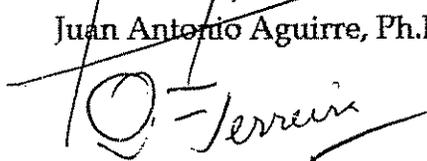
---

Jonathan Cornelius, M.Sc. Miembro Comité Asesor



---

Juan Antonio Aguirre, Ph.D. Jefe, Area de Postgrado



---

Pedro Ferreira, Ph.D. Director, Programa de Enseñanza



---

Julio Gustavo López Payés, Candidato.

A María Elena, mi esposa  
A María Ximena, mi hija

A mis padres y hermanos.

A Guatemala, mi tierra.

A Turrialba y a Costa Rica, el hogar de dos años, que me regaló a  
María Ximena.

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos:

- al CATIE, por la oportunidad de ingresar al Programa de Maestría.
- al Proyecto de Semillas Forestales (PROSEFOR/DANIDA), por financiar mis estudios de maestría.
- a Luis Fernando Jara, M.Sc., Profesor Consejero, por la confianza y amistad, durante mi estancia en CATIE.
- a Francisco Mesén, Ph.D, Pedro Oñoro, Ph.D, y Jonathan Cornelius M.Sc.. Miembros del Comité Asesor, por su amistad, así como por sus consejos y valioso tiempo.
- a Gustavo López y Johny Pérez, por su valiosa colaboración en el proceso de análisis estadístico.
- al personal del Proyecto de Mejoramiento Genético Forestal/CATIE.
- a mis compañeros de estudio, especialmente a los chapines, por la gran amistad y momentos compartidos.

## INDICE

RESUMEN .....	ix
SUMMARY .....	xi
I. INTRODUCCION .....	1
II. OBJETIVOS .....	3
III. HIPOTESIS .....	3
IV. REVISION DE LITERATURA .....	4
V. MATERIALES Y METODOS .....	30
1. ENSAYO DE PROCEDENCIAS Y FAMILIAS .....	30
1.1 Descripción del área de estudio .....	30
1.2 Material experimental .....	34
1.3 Diseño experimental .....	36
1.4 Problemas en el ensayo .....	36
2. ENSAYO DE CLONES .....	38
2.1 Descripción del área de estudio .....	38
2.2 Material experimental .....	41
2.3 Diseño experimental .....	42
2.4 Problemas en el ensayo .....	42
3. PROCEDIMIENTO ANALITICO .....	44
3.1 Variables evaluadas .....	44
3.1.1 Altura total .....	44
3.1.2 Porcentaje de árboles no atacados .....	45
3.1.3 Frecuencia de ataques .....	45
3.1.4 Intensidad de ataques .....	45
3.1.5 Capacidad de recuperación .....	46
3.2 Análisis estadístico .....	46
VI. RESULTADOS Y DISCUSION .....	48
A. ENSAYO DE PROCEDENCIAS Y FAMILIAS .....	48
1. Altura total .....	48
2. Porcentaje de árboles no atacados .....	52
3. Frecuencia de ataques .....	57
4. Intensidad de ataques .....	61
5. Recuperación .....	69
B. ENSAYO DE CLONES .....	77
1. Altura total .....	77
2. Porcentaje de árboles no atacados .....	80

3.	Frecuencia de ataques .....	82
4.	Intensidad de ataques .....	85
5.	Recuperación .....	89
VII.	CONCLUSIONES .....	94
VIII.	RECOMENDACIONES .....	96
IX.	BIBLIOGRAFIA .....	98
	ANEXOS .....	104

## INDICE DE CUADROS

### ENSAYO DE PROCEDENCIAS Y FAMILIAS, San Fco. La Palmera, San Carlos

CUADRO 1.	Resumen de datos de precipitación de San Francisco La Palmera, San Carlos .....	33
CUADRO 2.	Características de los sitios de origen de las procedencias .....	35
CUADRO 3.	Resumen de los datos meteorológicos del área de Turrialba .....	40
CUADRO 4.	Identificación y características de los clones evaluados .....	41
CUADRO 5.	Altura media (cm) de las procedencias evaluadas .....	48
CUADRO 6.	Altura media (cm) de las familias evaluadas .....	50
CUADRO 7.	Altura media (cm) de las familias en la procedencia SAN CARLOS .....	52
CUADRO 8.	Porcentaje de árboles no atacados por procedencia .....	53
CUADRO 9.	Porcentaje de árboles no atacados/familia .....	54
CUADRO 10.	Porcentaje de árboles no atacados para las familias de la procedencia CAÑAS .....	56
CUADRO 11.	Porcentaje de árboles no atacados para las familias de la procedencia SAN CARLOS .....	57
CUADRO 12.	Frecuencia promedio de ataques por procedencia .....	58
CUADRO 13.	Frecuencias de ataques por familia .....	59
CUADRO 14.	Frecuencias de ataques para las familias de la procedencia CAÑAS .....	61
CUADRO 15.	Intensidad y distribución de ataques .....	62

CUADRO 16. Intensidad de ataques por procedencia .....	63
CUADRO 17. Intensidad de ataques por familia .....	65
CUADRO 18. Intensidad de ataques para las familias de la procedencia CAÑAS .....	66
CUADRO 19. Intensidad de ataques para las familias de la procedencia CARMONA .....	67
CUADRO 20. Intensidad de ataques para las familias de la procedencia SANCARLOS .....	68
CUADRO 21. Capacidad de recuperación a nivel de procedencias .....	69
CUADRO 22. Frecuencias para capacidad de recuperación por procedencia .....	70
CUADRO 23. Capacidad de recuperación a nivel de familias ....	72
CUADRO 24. Frecuencias para capacidad de recuperación por familia .....	74
ENSAYO DE CLONES, FINCA CABIRIA, TURRIALBA	
CUADRO 25. Altura media (cm) para los procedencias evaluadas .....	77
CUADRO 26. Altura media (cm) por clon .....	78
CUADRO 27. Altura media (cm) para los clones de la procedencia SAN CARLOS .....	79
CUADRO 28. Porcentaje de árboles no atacados por procedencia .....	80
CUADRO 29. Proporción de ramet no atacados por clon .....	81
CUADRO 30. Frecuencia de ataques por procedencia .....	81
CUADRO 31. Frecuencia de ataques por clon .....	82
CUADRO 32. Frecuencia de ataques para los clones de la procedencia SAN CARLOS .....	83
CUADRO 33. Intensidad y distribución de los ataques durante el período de estudio .....	85
CUADRO 34. Intensidad de ataques por procedencia .....	86
CUADRO 35. Intensidad de ataques por procedencia .....	86
CUADRO 36. Intensidad de ataques por clon .....	87

CUADRO 37. Intensidad de ataques para los clones de la procedencia SAN CARLOS .....	89
CUADRO 38. Capacidad de recuperación a nivel de procedencias .....	90
CUADRO 39. Frecuencias para capacidad de recuperación por procedencia .....	90
CUADRO 40. Capacidad de recuperación a nivel de clones .....	91
CUADRO 41. Frecuencias para capacidad de recuperación por clon .....	92
ANEXOS .....	104
Cuadro 1a. Identificación de los árboles no atacados. Ensayo de procedencias y familias, San Carlos	
Cuadro 1b. Identificación de los árboles con mejor recuperación. Ensayo de procedencias y familias, San Carlos	
Formulario para recolección de datos en el ensayo de procedencias y familias, San Carlos	
Formulario para recolección de datos en el ensayo de clones, Turrialba	

#### INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Ubicación de los ensayos de <i>C. odorata</i> evaluados, en el marco geográfico de Costa Rica .....	31
FIGURA 2. Ubicación geográfica del ensayo de procedencias y familias de <i>C. odorata</i> , San Francisco La Palmera, San Carlos .....	32
FIGURA 3. Precipitación mensual en milímetros para el área de San Francisco La Palmera, San Carlos .....	33
FIGURA 4. Mapa del ensayo de procedencias y familias de <i>C. odorata</i> , San Francisco La Palmera, San Carlos .....	37
FIGURA 5. Ubicación geográfica del ensayo de clones de <i>C. odorata</i> , Finca Cabiria, Turrialba .....	39
FIGURA 6. Climadiagrama para la zona de Turrialba .....	40
FIGURA 7. Mapa del ensayo de clones de <i>C. odorata</i> , Finca Cabiria, Turrialba .....	43

LOPEZ PAYES, J.G. 1996. Variación en resistencia de cedro (*Cedrela odorata* L.) al ataque de *Hypsipyla grandella* Zeller en Costa Rica.

Palabras claves: *Cedrela odorata*, *Hypsipyla grandella*, barrenador de los brotes, procedencias, familias, clones, resistencia, recuperación.

## RESUMEN

En el presente estudio fueron analizados dos ensayos de *Cedrela odorata* establecidos por el Proyecto de Mejoramiento Genético Forestal del CATIE. Uno de los ensayos contiene 10 procedencias y 41 familias, y se encuentra establecido en San Francisco La Palmera, San Carlos, Alajuela. El otro ensayo contiene 3 procedencias y 18 clones, y está establecido en la finca Cabiria del CATIE, en Turrialba, Cartago.

Los objetivos del trabajo fueron: estudiar la variación en resistencia de *C. odorata* al ataque del barrenador de los brotes (*Hypsipyla grandella*), en ambos sitios e identificar genotipos de *C. odorata* que manifiesten resistencia al ataque del barrenador para promover su propagación en una segunda fase de comprobación en el campo.

En el ensayo de procedencias y familias, los resultados indicaron mejor crecimiento en altura de la procedencia UPALA, y en general de las procedencias originarias de la zona atlántica de Costa Rica (SAN CARLOS, UPALA, GUAPILES y TALAMANCA); sin embargo, presentan una mayor susceptibilidad al ataque del barrenador por tener las mayores frecuencias e intensidades de ataque.

Las procedencias y familias de la zona del pacífico seco de Costa Rica (CANAS, CARMONA, COBANO y HOJANCHA), aunque mostraron mayor resistencia al ataque de *H. grandella* no alcanzaron un crecimiento en altura, comparable al de las procedencias de la zona atlántica.

En relación al ensayo de clones, la procedencia originaria de TRINIDAD Y TOBAGO, presenta el mejor crecimiento en altura; sin embargo, muestra una mayor susceptibilidad al ataque de *H. grandella*, al presentar los valores más altos en relación a frecuencia e intensidad de ataques.

Entre los genotipos evaluados no se encontraron diferencias en relación a la capacidad de recuperación. En ambos ensayos, solamente

un 10% de los árboles presentó una recuperación considerada como deseable. caracterizada por la producción de un solo brote dominante, que sustituyó al original, y continuó el crecimiento normal del árbol. El 90% de los árboles, mostró una alta proliferación de brotes como respuesta al ataque, o bien no se recuperaron.

La recuperación presentada, debe considerarse como una respuesta preliminar de los genotipos, pues al momento de la evaluación, el ensayo se encontraba bajo un período de intensa actividad de *H. grandella*.

Se recomienda continuar y hacer seguimiento de los dos ensayos, por los menos durante 3 años más, período en que se considera que los árboles alcanzarán un mejor desarrollo y podrán responder mejor al ataque de *H. grandella*. Asimismo, es importante evaluar los genotipos de cedro bajo condiciones de sitio más favorables, que permitan a los árboles expresar mejor su potencial.

LOPEZ PAYES, J.G. 1996. Variation in resistance of *Cedrela odorata* L. to the attack of *Hypsipyla grandella* Zeller in Costa Rica.

Key words: *Cedrela odorata*, *Hypsipyla grandella*, shoot borer, provenances, families, clones, resistance, recovery.

### SUMMARY

Two *Cedrela odorata* trials established by the Tree Genetic Improvement Project were analysed in this study. In the first trial, established at San Carlos, Alajuela, 10 provenances and 41 progenies were evaluated. In the second trial established in Turrialba, Cartago, 3 provenances and 18 clones were analysed.

The objectives of this research were: to study the variation in resistance of *C. odorata* to the attack of the shoot borer (*Hypsipyla grandella*) in both sites and to identify resistant genotypes to the borer's attack in order to promote their propagation for a second field validation phase.

In the provenance/progenie trial, results indicated a better height growth of the UPALA provenance and of the provenances from Atlantic area of Costa Rica in general (SAN CARLOS, UPALA, GUAPILES and TALAMANCA); however, they were more susceptible to the borer's attack.

Provenances and progenies from the dry Pacific area of Costa Rica (CAÑAS, CARMONA, COBANO and HOJANCHA), were more resistant to the attack of *H. grandella* but they did not reach good height growth, compared to the remaining provenances.

In relation to the clonal trial, clones from the Trinidad and Tobago provenance, showed the best height growth but also a higher susceptibility to the attack of *H. grandella*, showing the highest values regarding frequency and intensity of attacks. Among the genotypes evaluated, there were no significant differences regarding their capacity to recover from the attacks.

In both trials, only 10% of the trees showed a desirable recovery rate, characterized by the production of only one dominant shoot which substituted the original and resumed the tree's normal growth. Ninety percent of the trees showed high shoot proliferation as a response to the attack, or else, they did not recover.

The recovery observed should be considered as a genetic response

since at the time of evaluation, the trial was under a high shoot borer activity.

It is recommended to continue and to follow up both trials, at least for three more years, because it is considered that during this period trees will achieve a better development and possibly, a better response to the shoot borer attack. Likewise, it is important to evaluate *C. odorata*'s more resistant genotypes under more favourable conditions which will allow trees to fully express their potential, without adverse site factors that may hinder their development.

## I. INTRODUCCION

El Proyecto Mejoramiento Genético Forestal (PMGF) de CATIE, reconociendo la importancia de desarrollar, en este caso para Costa Rica, un programa de mejoramiento genético a partir de las mejores especies y procedencias, inició en 1977 actividades con especies de madera para aserrío, consideradas de alto valor económico.

Como parte de estas actividades, el Proyecto MGF/CATIE ha establecido, manejado y evaluado diversos ensayos de Cedro (*Cedrela odorata* L.), especie de amplia distribución a nivel latinoamericano y de suma importancia económica, por estar considerada dentro de las especies denominadas como maderas preciosas. De acuerdo a FAO (1984), citada por Lahera *et al.* (1995), durante la Quinta Reunión del Cuadro de Expertos de la FAO de Recursos Genéticos Forestales celebrada en 1984, *C. odorata* fue incluida en la lista de especies de prioridad, razón por la cual la conservación, estudios de la variabilidad genética y propagación y uso sostenible de esta especie, cobran especial importancia.

Un aspecto negativo en el desarrollo de las plantaciones de esta especie, es el daño que sufren los árboles por parte del "barrenador de los brotes", *Hypsipyla grandella*, el cual provoca bifurcaciones y deformación del árbol, causando deterioro en la calidad y cantidad de madera aprovechable en forma de troza, y por lo tanto en el valor económico que representa en la cosecha final.

*H. grandella* es la plaga principal de las Meliáceas americanas consideradas como maderas preciosas. En toda su área de distribución, los ataques del barrenador de los brotes hicieron fracasar la mayoría de plantaciones de estas especies y mermar su establecimiento; en cambio, se incrementó el uso de otras especies de supuesto crecimiento rápido. Sin embargo, aún persiste el interés por utilizar este valioso recurso natural propio de América tropical (Cibrian *et al* 1995).

El control del ataque de *H. grandella* ha sido objeto de intensos estudios en los últimos años, desde el punto de vista entomológico y de prevención y control. Diversos estudios se han enfocado hacia aspectos biológicos y del comportamiento del barrenador, manejo silvicultural en bosques naturales y métodos de control químico y

biológico. Poca información se basa en aspectos de uso y manejo de Meliáceas resistentes al ataque de esta plaga, como una posible solución al problema.

Newton *et al.* (1993b) consideran que una aproximación silvicultural prometedora como medida de control de *Hypsipyla* es la selección por resistencia, que podría incluir especies resistentes en programas de plantación, o la selección de razas resistentes dentro de especies susceptibles.

En el presente estudio se analizó la variación en resistencia del cedro a nivel de procedencias y familias en San Carlos (Alajuela), y a nivel de clones en la finca Cabiria del CATIE en Turrialba (Cartago).

En el ensayo de San Carlos se observaron claras diferencias entre las procedencias de la zona atlántica (SAN CARLOS, UPALA, GUAPILES y TALAMANCA) y las procedencias de la zona seca de Costa Rica (CANAS, CARMONA, COBANO y HOJANCHA), tanto a nivel de crecimiento, como en susceptibilidad al ataque de *H. grandella*. En este sentido las procedencias del atlántico fueron superiores en crecimiento; en tanto que las procedencias de la zona seca mostraron una menor susceptibilidad a los ataques del barrenador.

En Turrialba, la mejor respuesta en crecimiento en altura fue para los clones de procedencia TRINIDAD Y TOBAGO, mientras que en resistencia al ataque, los clones de SAN CARLOS y CANAS, mostraron menor susceptibilidad al ataque de *H. grandella*.

En los ensayos no se encontraron diferencias en relación a la capacidad de recuperación de los genotipos, mostrando en ambos casos, recuperación en las categorías inferiores, que se caracterizaron por una alta tasa de ramificación.

Se considera necesario darle seguimiento a ambos ensayos por un período de por lo menos tres años. En el ensayo de San Carlos, se identificaron los árboles que al final de la evaluación no fueron atacados por *H. grandella*, por lo que se recomienda su evaluación en ensayos clonales.

## II. OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Estudiar la variación en resistencia de *Cedrela odorata* L. al ataque de *Hypsipyla grandella* Zeller en dos sitios de la Región Atlántica de Costa Rica.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a. Analizar la variación en resistencia y capacidad de recuperación a nivel de procedencias y familias de *C. odorata* al ataque de *H. grandella*.
- b. Analizar la variación en resistencia y capacidad de recuperación a nivel de clones de *C. odorata* al ataque de *H. grandella*.
- c. Identificar a nivel de procedencias, familias y clones, genotipos o individuos de *C. odorata* que manifiesten resistencia al ataque de *H. grandella* y promover su propagación para una segunda fase de comprobación en el campo.

## III. HIPOTESIS

Entre los genotipos de *C. odorata* evaluados se manifiesta variación en resistencia al ataque de *H. grandella*.

## IV. REVISION DE LITERATURA

*Cedro (Cedrela odorata L. Meliaceae)*

La familia de las Meliaceae es una de las más importantes en la silvicultura a nivel mundial, pues muchas de sus especies pueden desarrollarse fácilmente en plantaciones y producir madera de alta calidad y excelente apariencia (Holsten 1977).

El género *Cedrela* fue establecido por P. Browne en 1756, para un árbol de *Cedrela odorata* encontrado en Jamaica, durante la realización de una obra sistemática sobre plantas locales; posteriormente fue descrito y publicado por Linnaeus en 1759. Desde entonces, 69 especies han sido asignadas a este género (Lamb 1968).

*C. odorata* es una de las nueve especies de la familia Meliaceae; se encuentra clasificada dentro de la subfamilia Eswietenioideae, la cual según Holsten (1977), es económicamente la más importante entre las cuatro subfamilias de Meliaceae.

Es un árbol heliófilo considerado de rápido crecimiento. Presenta porte grande, que varía mucho en tamaño de acuerdo a las condiciones ambientales. Puede alcanzar 30 metros de altura en el bosque deciduo sub-tropical (Misiones, Argentina), 40 metros en el bosque tropical deciduo estacional, y hasta 50 metros en condiciones óptimas con una elevada precipitación en los bosques higrofíticos de tierras bajas (2000 a 3000 mm de precipitación, con 2 a 3 meses de sequía), (Lamb 1969).

Presenta copa amplia y follaje ralo; el sistema radicular es usualmente extendido y superficial, excepto en suelos arenosos profundos. El fuste es cilíndrico; la corteza viva en la base del tallo es lisa y fibrosa, de color rosado, que oxida a rojo pardo y se agrieta con el tiempo; la corteza muerta es agrietada, desprendible en placas grandes de color gris. Presenta un exudado escaso y gomoso que brota en puntos aislados. En los árboles jóvenes raras veces ocurre la ramificación, aunque ésta se presenta hasta que el tronco alcanza una altura de 5 a 10 metros en sitios favorables, o bien cuando el brote apical es atacado por el barrenador del tallo (*Hypsipyla spp.*).

Las hojas son alternas y parapinnadas, glabras, sin estípulas, agrupadas en los extremos de las ramas, con 5 a 12 pares de folíolos opuestos, lanceolados a ovalados, con ápice acuminado y raramente

agudo, con base desigual marcadamente oblicua y borde entero. El árbol es deciduo durante periodos que dependen de la duración de la época seca del lugar y permanece así hasta que llegan las lluvias.

La inflorescencia del cedro es terminal, dispuesta en panículas en el ápice de las ramas; las flores son perfectas, con una doble envoltura floral de 6 a 9 mm de longitud, de color blanco. La floración empieza generalmente a partir de los diez años y es normal que los árboles produzcan frutos anualmente, los que se caracterizan por ser una cápsula oblongo-elipsoidal de 5 a 7 cm de longitud, con dehiscencia septicida. Es de color verde satinado hasta que madura, cuando toma un color café-grisáceo opaco. La cápsula se encuentra dividida en cinco lóculos que contienen de 30 a 40 semillas fértiles; el número de semillas es aproximadamente de 35000 a 55000 por kilo (Guevara 1988, Lamb 1968, 1969; Smith 1965).

La especie *Cedrela odorata* es originaria de América Tropical y se encuentra distribuida desde el norte de México, hasta el norte de Argentina. También se encuentra en las Antillas y ha sido introducida a Europa (González 1992, IRENA 1992).

El rango de distribución del género, va desde cerca del nivel del mar en los bosques secos y húmedos de las planicies costeras en algunos países, hasta 3000 metros sobre el nivel del mar en Santa Cruz, Bolivia (Lamb 1968). Se adapta a una gran variedad de suelos, principalmente bien drenados (IRENA 1992). Holdridge (1973) indica que la especie encuentra sus mejores condiciones en las zonas de vida húmedas basales en las regiones tropical, subtropical y la parte templada del hemisferio sur; también crece en las zonas de vida más secas si hay agua disponible en adición a la lluvia. Crece aún mejor en zonas de vida húmedas en condiciones de suelos fértiles, pero con buen drenaje.

De acuerdo con Lamb (1969), el cedro se regenera profusamente en forma natural en los claros de los bosques, en bosques secundarios, setos y plantaciones de cacao, donde crecen los árboles padres, pero no se desarrolla a menos que el drenaje y las condiciones de los elementos nutritivos sean favorables. En cuanto a su establecimiento en masas puras, Holdridge (1943) considera que probablemente esta actividad no pueda tener éxito en Latinoamérica, salvo en sitios excepcionalmente favorables, los que abarcan solamente áreas muy

pequeñas. Además, sugiere que el establecimiento debe tener algunas condiciones favorables, tales como sombra lateral ligera.

De acuerdo a Lamb (1969), bajo condiciones climáticas del bosque higrofítico, se dan dos requisitos fundamentales para el desarrollo del cedro: ausencia completa de saturación hídrica del sistema radicular y suministro abundante de nutrientes. Asimismo, se refiere al éxito del cultivo del cedro en Africa Occidental, el que considera se debe al buen drenaje de muchos suelos de esa región, al legado de elementos nutritivos acumulados en las capas superficiales y al hecho de que las especies locales de *Hypsipyla* no han podido conseguir que *Cedrela* sea un huésped adecuado para desarrollarse.

Lamb (1969) considera que los suelos calizos profundos, con buen drenaje y aireación, así como un alto contenido de materia orgánica, son los más apropiados para el crecimiento del cedro.

#### *Hypsipyla grandella* Zeller

*Hypsipyla* es uno de los insectos microlepidópteros de mayor importancia asociados a los árboles de la familia Meliaceae (Becker 1973), y del que existen tres especies dignas de mención: *Hypsipyla grandella* en América, *Hypsipyla robusta* en Africa y Asia, e *Hypsipyla albipartalis* en Uganda (FAO 1958). De acuerdo con Heinrich, citado por Becker (1973), el género *Hypsipyla* está representado en América por *H. grandella* (Zeller), *H. ferralis* (Hampson), *H. fluviatella* (Schaus) e *H. dorsimacula* (Schaus), todas presentes en Costa Rica, en donde fue registrada por primera vez por Ballou en 1935. Según Lamb (1960), *H. grandella* fue registrada en América por Hutson en 1918, causando daños en plantaciones de *Swietenia macrophylla* y *C. odorata* en Barbados.

*H. grandella* pertenece al orden Lepidoptera, familia Pyralidae, subfamilia Phycitinae (Becker 1973; CATIE 1991, Dourojeanni 1963, Hochmut 1981). Comúnmente se le conoce como "barrenador de los brotes de las meliáceas", pues ataca principalmente especies de esta familia botánica, tales como *Cedrela odorata*, *C. angustifolia*, *C. tonduzzi*, *C. fissilis*, *C. fissilis* var. *macrocarpa* C.DC., *C. lilloi* C.DC., *C. salvadorensis*, *Swietenia macrophylla*, *S. mahogany*, *S. humilis*, *Carapa guianensis*; así como a los géneros *Guarea*, *Khaya*, *Trichilia* y *Melia* (Becker 1973, Dourojeanni 1963, Holsten 1977, Yamasaki et al. 1990).

Grijpma (1974), citado por Holsten (1977), hace referencia al hecho de que se ha observado el ataque de *H. grandella* en algunas Meliáceas exóticas como *Toona ciliata* var. *australis* en Costa Rica y Guatemala, y *Chukrasia tabularis* en Puerto Rico, aunque el desarrollo larval y supervivencia son pobres en estos hospederos exóticos.

Este insecto presenta una amplia distribución geográfica, pues se considera una plaga generalizada en América Latina, desde Argentina y Perú, hasta México y el Caribe (Becker 1973, Dourojeanni 1963); y en el Estado de Florida, E.U. (Howard 1991, Yamazaki *et al.* 1990, Lyhr 1992). Holsten (1977) indica que dentro de esta región, el barrenador puede ser encontrado a lo largo de todo el rango de distribución natural de las Meliáceas hospederas.

Este insecto es uno de los factores detrimentales más importantes cuando se ha tratado de establecer plantaciones de Meliáceas en los países latinoamericanos. Lyhr (1992) lo califica como la peor plaga en las Meliáceas, dado que representa una seria limitación al establecimiento exitoso de plantaciones. Para Hochmut (1981), es la plaga forestal más importante en la zona tropical de América, pues considera a este fenómeno como una gran preocupación para los forestales latinoamericanos, debido al daño que causa en algunas especies forestales, principalmente de los géneros *Cedrela* y *Swietenia*, ya que sus excelentes maderas se clasifican entre las más valiosas en el mercado maderero mundial.

Allan *et al.* (1970) se refieren a este insecto como la plaga que obstaculiza el establecimiento de Meliáceas nativas en el trópico americano. Lamb (1969) hace referencia a que en toda América Latina las plantaciones puras de todas las variedades y procedencias de *Cedrela* estarían destinadas al fracaso debido al ataque severo de *H. grandella*, excepto en los sitios óptimos. Por ejemplo, en la cuenca del Amazonas y en la Provincia de Misiones en Argentina, se han realizado esfuerzos para establecer plantaciones, pero no han tenido éxito debido a los daños causados por *H. grandella*. A este respecto y coincidiendo con Lamb (1969), Holdridge (1943) indica que es probable que en Latinoamérica, el cedro no pueda crecer como una masa pura, salvo en sitios excepcionalmente favorables para su desarrollo. Uno de los motivos principales para considerar este punto de vista es puesto de manifiesto por Lyhr (1992), quien indica que el desarrollo

de las poblaciones de la plaga se relaciona de manera directa con los ecosistemas de plantaciones, principalmente puras, por el hecho de que en éstos el alimento es abundante y se encuentran establecidos a pleno sol, lo que permite altas tasas de multiplicación de los insectos.

### **Características biológicas de *H. grandella***

Aunque existen distintas opiniones respecto al ciclo de vida y comportamiento de *H. grandella*, lo más probable es que esto dependa de las condiciones climáticas y disponibilidad de alimento en los sitios.

Según CATIE (1991), el ciclo de vida se completa entre 80 y 95 días en la época lluviosa y entre 63 y 80 días en la época seca, por lo que se desarrollan varias generaciones del insecto en períodos cortos de tiempo, pues la especie se encuentra siempre activa y en diferentes estadios de desarrollo. Newton *et al.* (1993a), citando a otros autores, indican que el ciclo de vida comprende de 1 a 2 meses, dependiendo de las condiciones ambientales y disponibilidad de alimento. Roovers (1971) estima un tiempo promedio por generación de mes y medio, de una oviposición a la siguiente, mientras FAO (1958) considera que el ciclo biológico dura de 4 a 10 semanas, empezando en la temporada lluviosa, con un mínimo de dos generaciones por año. Holsten (1977) menciona que bajo condiciones óptimas, pueden traslaparse un total de 13 generaciones en un año. En Cuba, el ciclo completo es de 25 a 35 días (Berríos *et al.* 1987).

Cibrian *et al.* (1995) indican que el tamaño de los adultos varía de 20 a 40 mm en expansión alar; sin embargo, Heinrich (1956), citado por Holsten (1977), menciona que el tamaño de los adultos varía de 15 a 20 mm, mientras que la expansión alar varía de 23 a 45 mm. Los huevos miden 0.5 mm de ancho y 0.975 mm de largo, son elípticos y aplastados, de color amarillo pálido que vira al rojo. La larva cuando emerge, es de color café tenue a gris, con tonos rosados y mide de 2 a 2.5 mm, pero en el último estadio mide de 21 a 27 mm, y es de color azul claro, azul oscuro o rosado claro. La pupa mide unos 13 mm, es de color castaño en el vientre y castaño oscuro en el dorso. La cabeza, el tórax y el abdomen son grises. Las alas anteriores son grises, con brillo violáceo tenue, sombreadas con escamas castaño rojizo y una mancha clara en el centro. Las alas posteriores son blancas, semitransparentes, algo iridiscentes (CATIE 1991).

### Características del ataque de *H. grandella*

Hochmut (1981) considera que las plagas pueden convertirse en nocivas si hallan en su ambiente las condiciones propicias para ello. En el caso de *H. grandella* estas condiciones son: 1) existencia de la alimentación preferida en cantidades elevadas, 2) condiciones microclimáticas adecuadas para el desarrollo y 3) vigor disminuido de las plantas. El daño causado por el ataque de *H. grandella* es ordenable en dos grupos: uno que está constituido por los diversos tipos de galerías o túneles en el tallo y el otro grupo, por las consecuencias derivadas de los primeros (Dourojeanni 1963).

La oviposición, que es la forma como se inicia la actividad de *H. grandella* sobre el árbol, se efectúa de manera individual en las cicatrices foliares, en la superficie de los brotes nuevos, en las nervaduras de las hojas o sobre la superficie de los frutos. Los insectos prefieren infestar estructuras no reproductoras de árboles pequeños y estructuras reproductoras de árboles grandes. Después de emerger, la larva penetra a brotes y frutos (Cibrian *et al.* 1995).

Posterior a la oviposición, que puede durar en promedio 6.5 días, la larva se desplaza y se alimenta de las partes más tiernas del tallo. Necesita más de una hora antes de que finalmente penetre en un tallo muy tierno (generalmente una axila), comience a comer y perforar un túnel. Al penetrar en la axila, la larva perfora por sí misma un túnel, consumiendo la parte central del tallo. A medida que sigue creciendo, el túnel se hace más ancho y la entrada por donde penetró (de 2 a 5 mm de ancho) permanece cerrada por un tapón formado por una masa de excrementos y aserrín, mezclados con seda, lo que impide la penetración de otros insectos o la lluvia. Esta fase presenta una duración promedio de 27 días (Roovers 1971). También se desarrolla en ramas nuevas, donde pueden alimentarse de la médula y la corteza. La larva se convierte en pupa dentro de la rama, protegida por un capullo de seda; si el alimento se agota, puede migrar hacia otra rama para completar su desarrollo (CATIE 1991).

### Daños causados por el ataque de *H. grandella*

En general, el daño consiste en la construcción de galerías en los tallos, que pueden alcanzar de 25 a 40 cm de longitud, e incluso hasta 60 cm, provocando la muerte de los meristemos terminales y

axiales, así como un considerable retardo del crecimiento en altura.

A consecuencia del ataque, los individuos afectados sufren deformaciones, al extremo que su valor comercial es nulo (Berríos 1972, Cibrian *et al.* 1995, Dourojeanni 1963, Newton *et al.* 1995).

La ubicación de los túneles en las plantas se presenta de preferencia en los brotes líderes del árbol, aunque puede haber ataques en tallos suculentos que se encuentran hasta un metro abajo de la punta del árbol o de la parte distal de las ramas. A largo plazo, los árboles infestados pueden mostrar efectos negativos proporcionales a la intensidad del daño, de manera que, en infestaciones severas hay una considerable reducción del crecimiento y deformación del fuste; en cambio, en infestaciones moderadas a ligeras, el árbol tolera el ataque sin mostrar reducciones en altura y daño en la conformación. En casos muy excepcionales, se presenta muerte del árbol.

*H. grandella* ataca principalmente los brotes tiernos, y en muchas especies ataca también frutos y semillas. Esto ocurre principalmente durante la temporada seca, cuando los árboles hospederos pierden su follaje (Holsten 1977), situación que afecta negativamente la regeneración natural de estas valiosas especies (Menéndez y Berríos 1992). Para Cibrian *et al.* (1995), la barrenación de brotes y frutos constituye el principal daño que causa este insecto.

Según Dourojeanni (1963), el tronco de los árboles afectados puede llegar a presentar secciones rectas tan cortas que no es posible extraer trozas de dimensiones aprovechables. También se forman nudosidades y grietas en la corteza, que provocan ataques secundarios de termitas y hormigas que afectan aún más las condiciones del árbol.

El daño del ataque se reconoce externamente por el secamiento del brote terminal y por la presencia de montículos rojizos o amarillos de aserrín, seda y excrementos que la larva extrae del túnel.

Menéndez y Berríos (1992) observaron otra forma de daño, en dos plantaciones de *C. odorata* de 3 y 4 años de edad en Cuba, consistente en franjas de decortezamiento, de 3 a 5 cm de ancho, hechas por las larvas en la base del tronco, así como la formación de galerías bajo la corteza que afectaron la médula o el cambium de partes lignificantes y provocaron incluso la muerte de los árboles. Dicha forma de ataque se observó mejor durante el período de sequía, a causa de la disminución de los brotes tiernos en las meliáceas.

Aunque de manera general el ataque de esta plaga es "más severo" en árboles jóvenes, de dos años como promedio, que crecen en áreas expuestas a pleno sol, el barrenador infesta los brotes de árboles que van de uno a ocho años de edad. En los árboles jóvenes, la infestación se inicia generalmente cuando los individuos tienen menos de un año de edad; la intensidad de la infestación va creciendo y a los dos años se puede presentar el máximo ataque, pues en esta edad se presentan brotes turgentes y largos que son preferidos por las hembras para ovipositar. Roovers (1971) considera que los árboles jóvenes sufren más porque en su mayoría tienen un solo tallo, mientras que los de mayor edad han desarrollado ramas laterales.

Por lo regular, las mariposas de *H. grandella* prefieren brotes con una altura de 1.5 a 7 metros de altura, pues se ha demostrado que prefieren volar en ese rango, aunque Gara *et al.* (1975) indican una altura promedio de vuelo de 1 a 2 m.

Gara *et al.* (1975) indican que el vuelo de las mariposas ocurre entre medianoche y 5 am, siendo más intenso a las 3 am, a temperaturas que oscilan entre 15 y 24°C. Tillmans (1964), citado por Gara *et al.* (1975) encontró un incremento en la actividad de *H. grandella* después de la temporada seca, cuando se inician las primeras lluvias. Igualmente, Roovers (1971) observó una mayor actividad del insecto con lluvias más intensas, y que las poblaciones declinan durante la época seca. Grijpma y Gara (1970a) observaron un incremento en los vuelos de *H. grandella* 4 a 5 días después de una lluvia. Esto sugiere que esta actividad es inducida por períodos de alta humedad relativa durante la temporada de lluvias, cuando se produce follaje nuevo, que atrae a *H. grandella*.

En relación a otras especies de Meliaceae, Howard (1991) encontró para *Swietenia mahagony* Jacquin, en un estudio realizado durante tres años consecutivos en La Florida (E.U.), que la mayor incidencia de los ataques se presentó de manera consistente durante el mes de mayo, con una concentración mucho menor en dos meses previos y dos posteriores. Según Howard (1991) esto coincide con resultados obtenidos por Weaver y Bauer (1986) en Puerto Rico para *S. macrophylla*, y *S. macrophylla* x *S. mahagony*; y por Roovers (1971) en Barinitas, Venezuela, para *Cedrela spp.* y *S. macrophylla*.

Sliwa (1968) caracterizó la actividad de *Hypsipyla* en plantaciones jóvenes de algunas procedencias de *Swietenia* y *Cedrela* durante el período junio a agosto en Costa Rica. Para el efecto se consideraron todas las plantaciones jóvenes con una altura aproximada de tres metros. Se evaluó el ataque del insecto, mediante la cantidad de árboles atacados, ataques por árbol y la distribución de ataques a lo largo del tallo principal. Dentro de los resultados de mayor interés sobresale la ausencia de ataques en los sitios Taboga y San Miguelito en el Pacífico y Salitre en el Sur, para ambas especies; asimismo, la especie más atacada fue *S. macrophylla*. La distribución de los ataques se concentró principalmente en los 2/4 superiores de los árboles evaluados, para ambas especies (aunque Sliwa no refiere el dato de altura a una escala más precisa). Este dato se considera lógico pues es en la parte superior de los árboles en donde se concentra la producción de follaje nuevo.

#### Hospederos de *H. grandella*

Como se ha indicado, *H. grandella* es una plaga que incide en las plantaciones de Meliáceas, principalmente de cedro (*Cedrela spp.*) y caoba (*Swietenia spp.*), en América Latina y el Caribe. En este sentido los daños parecen mayores sobre *Cedrela* que sobre *Swietenia* (FAO 1958). Así mismo, Roovers (1971) y Carruyo (1973), constataron en ensayos independientes, una marcada preferencia en oviposición sobre *C. odorata*, que otras especies.

Los daños son más severos en especies nativas que en especies exóticas, dado que *Hypsipyla* está adaptada a las primeras (Lyhr 1992). En relación a esta preferencia sobre géneros o especies, para Hochmut (1981) la susceptibilidad de las Meliaceae domésticas o introducidas depende sobre todo, de la presencia de aceites volátiles, que atraen a las hembras de la especie doméstica de *Hypsipyla*. De acuerdo a esto, se puede suponer que durante la evolución de las especies de la familia Meliaceae y de los insectos del género *Hypsipyla* en cierta región, la plaga se acostumbró y adaptó al olor de los aceites volátiles de las Meliáceas domésticas.

Gara *et al.* (1975), trabajando con *C. odorata* en Puerto Rico, observaron en campo y laboratorio que los ataques se concentran en árboles con brotes nuevos. Los árboles que crecen a campo abierto son

más fácilmente atacados que los árboles que crecen bajo dosel. Las mariposas de *H. grandella* prefieren hospedar árboles con hojas recién formadas, y es evidente que las poblaciones voladoras son atraídas hacia las hojas tiernas como una reacción a un estímulo olfativo. El adulto de *H. grandella* se orienta hacia el árbol hospedero por medio de su olfato y existe una alta correlación entre el número de hojas frescas y la intensidad de los ataques en los árboles. Las larvas tienen una marcada preferencia por los hospederos nativos, como *C. odorata* pues cuando estas se encontraron en especies no hospederas naturales, estaban moribundas o muertas (Grijpma y Gara 1970b).

Gara *et al.* (1975), usando trampas, capturaron una mayor cantidad de mariposas en árboles con hojas tiernas; además, los árboles atacados fueron aquellos con brotes nuevos, encontrando una inmediata reacción de la plaga a las nuevas foliaciones de los árboles. Se constató también que los árboles de rápido crecimiento, al producir más hojas tiernas, están más propensos a ser atacados. En laboratorio, las mariposas reaccionaron de manera más evidente a las hojas frescas recogidas de los árboles que crecen a campo abierto, no encontrándose ninguna reacción a hojas desarrolladas. En vista de que los árboles que crecen a campo abierto eran los de mayor crecimiento, se pudo constatar que las mariposas responden a los tallos de mayor crecimiento longitudinal, con una mayor exposición a la luz solar.

Dado que las mariposas se orientan hacia su hospedero por medios olfativos, Carruyo (1973) al trabajar con yemas terminales y hojas frescas de *C. odorata*, *C. angustifolia*, *S. macrophylla* y *Guarea guara*, extrajo aceites esenciales en arrastre de vapor, que luego separó por su polaridad. Al comparar los extractivos no polares se determinaron sustancias comunes. Una de ellas se encontró presente en cantidades que puestas de mayor a menor, resultó igual a la preferencia de *H. grandella* a estos cuatro huéspedes. Se considera entonces que, de existir un compuesto atrayente para el insecto, debe encontrarse en mayor concentración en *C. odorata*, la cual presenta mayor ataque en las plantaciones, y en menor proporción en *C. angustifolia* y *S. macrophylla*, las cuales son menos atacadas. Dado lo anterior, y de acuerdo a la realización de una mayor cantidad de pruebas, quedaría demostrado que hay, por lo menos, un compuesto que atrae a *Hypsipyla*; este hecho daría una gran ventaja al control del insecto, ya que se

podría sintetizar el compuesto y darle un uso en el control y manejo de la plaga. Estudios de infrarrojo y espectrómetro de masas revelaron al compuesto como un sesquiterpeno con 2 o 3 dobles enlaces y peso molecular de 204.

En condiciones de Laboratorio Roovers (1971) evaluó el comportamiento de *H. grandella* respecto a hospederos naturales como *C. odorata*, *C. angustifolia* y *S. macrophylla*, y un árbol no hospedero, como *Cordia alliodora*. Los resultados sugieren que la oviposición se dio preferentemente en los hospederos naturales, no mostrando diferencias en cuanto a preferencia entre éstos; sin embargo, para éstos últimos encontró mayor oviposición en *C. odorata*, que en *C. angustifolia* y *S. macrophylla*.

#### Efectos del ataque de *H. grandella*

Vega (1981), considera que la destrucción de la yema terminal, que produce y contiene una de las auxinas que inhiben el desarrollo de nuevos brotes a partir de los meristemos axilares, puede resultar en las reacciones siguientes:

1. En plantas vigorosas que se encuentran en condiciones ideales de suelo y luz, generalmente se desarrolla un brote lateral que después del ataque va sustituyendo al eje original y continua el crecimiento de la planta.
2. Bajo condiciones de suelo sumamente favorables, como ocurre después de la quema del bosque original a campo abierto, el exceso de luz ocasiona una mayor actividad de la fotosíntesis, que aumenta la tendencia de diferenciación meristemática. En este caso, la eliminación del ápice terminal ocasiona la formación de varios brotes laterales, sin que ninguno tome predominancia para continuar el crecimiento longitudinal. Estos brotes, ricos en agua y nutrientes para las larvas, provocan nuevos ataques y deformaciones que afectan seriamente el futuro crecimiento. Para estimular el desarrollo vertical, la poda es indispensable.
3. En plantas poco vigorosas y establecidas en un ambiente desfavorable, el ataque hace imposible el crecimiento en altura y las plantas son eliminadas en poco tiempo por la competencia de la maleza.

En términos económicos, el ataque del barrenador es casi siempre desastroso, si se consideran los costos de inversión y los daños a un

posible producto final. Hochmut (1981), considera que es necesario velar por el costo de la inversión y asegurar el uso correcto de la madera. Asimismo, menciona que en los últimos 50 años, miles de hectáreas de Meliáceas han sido destruidas por *Hypsipyla*.

Como resultado del ataque de *Hypsipyla* en Puerto Rico, ya entre 1935 y 1943, fueron abandonadas plantaciones con un total de 1,000,000 de cedros y 835,000 caobas, debido al ataque de *H. grandella*, por lo que se llegó a considerar a esta plaga como la mayor limitación para plantaciones de Meliáceas en el Caribe (Bauer 1987, FAO 1958, Martorell 1943, Ramírez-Sánchez 1964). Martorell (1943), hace referencia que para ese período y con un valor de US\$0.075 por árbol, las pérdidas totales excedieron los US\$137,000.

Durante este mismo período, en Tingo María, Perú, 10% de la caoba y 60% del cedro plantados, sufrieron daños en los cuatro meses posteriores a su establecimiento (FAO 1958). En el Departamento de Petén, en Guatemala, 250 ha de cedro y caoba fueron diezgadas dentro de los dos años posteriores a su plantación (Billeb, comunicación personal a Holsten 1977). En Cuba de 1,800,000 plantas de cedro entregadas del vivero a granjeros privados, un estimado de 90% murió, como resultado del daño a los brotes (Fors 1941). En Cuba, en Ciénaga de Zapata, Meliado (1984), citado por Berrios *et al.* (1987), reportó que durante 1983, un total de 250,000 plantas fueron afectadas por *Hypsipyla* en el vivero.

Otras Meliáceas han sido afectadas por distintas especies de *Hypsipyla*, tal como refiere Holsten (1977), a continuación: Rao y Bennett (1969), informaron de reforestaciones a gran escala en India y Java utilizando *Toona australis* (F.v.M.), las cuales fueron abandonadas debido a ataques repetidos de *Hypsipyla robusta*. En Ghana, *Khaya ivorensis*, especie ampliamente utilizada en plantaciones, es particularmente susceptible al ataque de *H. robusta*, siendo afectado casi siempre el 100% de las plántulas (Atuahene 1972).

### Métodos de control de *Hypsipyla*

El interés por la influencia de *Hypsipyla* en las plantaciones de Meliáceas en América Latina se ha desarrollado desde diversos puntos de vista. En este sentido se creó en 1970 en Turrialba, Costa Rica, el Grupo Interamericano de Trabajo sobre *Hypsipyla*, interesado en el

control de barrenador de los brotes (Holsten 1977). Este Grupo de Trabajo tuvo su principal énfasis en el control integrado del barrenador de las Meliáceas.

Otros estudios se han enfocado hacia aspectos entomológicos, biológicos y en la ecología del comportamiento del barrenador, control químico y biológico, y manejo silvicultural de Meliáceas. Existe poca información sobre aspectos de introducción de Meliáceas resistentes a *Hypsipyla*, como una posible alternativa al problema.

### Control biológico

A fin de mantener el equilibrio natural entre las especies, existen factores que limitan la expansión de todas y cada una de ellas. Desde este punto de vista, *Hypsipyla* no es más que un controlador de las plantas que ataca. A su vez, este insecto es frenado en su incremento por la sombra, la temperatura o por otros insectos (Dourojeanni 1963).

El establecimiento de grandes extensiones de Meliáceas provoca la formación de una población importante de *Hypsipyla*. Esa abundancia causa que el control biológico aletargado pase a ser activo, a fin de restablecer la proporción habitual de individuos. En este sentido, para Dourojeanni (1963), la intervención humana puede encauzar o acelerar tales acontecimientos.

Muchos autores consideran el control biológico como una medida viable para el control de *Hypsipyla*. Entre los métodos de lucha biológica, aunque se ha estudiado profundamente el aprovechamiento de bacterias, nematodos, hongos e insectos parasíticos, no se ha llegado a la etapa de uso práctico, ya que se trata de métodos muy complicados y a largo plazo (Hochmut 1981). Rao y Bennett (1969), citados por Holsten (1977), identificaron una colección de agentes de control biológico para *H. grandella*. Cuatro parásitos de *H. robusta*, en India, fueron liberados en Trinidad y otras islas orientales para el control de *H. grandella*. Los cuatro Hymenópteros liberados fueron *Anthrocephalis renalis* Waterston, *Tetrastichus spirabilis* Waterston, *Trichogrammatoidea nana* (Zenht.) y *Afrephialtes* spp., sin que se recuperara información de los resultados de campo.

En Costa Rica, Gripjma (1974) informó del parasitismo de *H. grandella* por *Hexameris albicans* (Siebold), el cual fue superior al

25%, y la mayor incidencia de parasitismo se encontró hacia el final de la temporada lluviosa. Berríos e Hidalgo-Salvatierra (1971) encontraron que las larvas de *H. grandella* son susceptibles a esporas purificadas de *Metarrhizium anisopliae* (Metch.). En estudios posteriores, Berríos e Hidalgo-Salvatierra (1972), citados por Holsten (1977), demostraron que el quinto estadio de las larvas de *H. grandella* es el más susceptible a la infección por esporas de *M. anisopliae*. Estos mismo autores, mencionan que las larvas de *H. grandella* fueron susceptibles al hongo patógeno *Beauveria bassiana* y *B. tenella*, bajo condiciones de laboratorio. Holsten (1977), citando a Hidalgo y Palm (1972), menciona que el primer estadio de las larvas de *H. grandella* fue susceptible al *Bacillus turingensis*.

Holsten (1971) concluye que, dada la amplia distribución de *Hypsipyla* en los trópicos americanos, es altamente improbable que el uso de agentes para el control biológico pueda suprimir las poblaciones del barrenador.

### Control químico

Algunos intentos por controlar a *H. grandella* por medios tradicionales, utilizando insecticidas típicos, han fracasado debido a los altos costos, las condiciones ambientales y los hábitos de barrenación de los insectos (Holsten 1977).

Roovers (1971) dedujo el período óptimo de oviposición en el Area de Barinitias (Venezuela), siendo este en el mes de mayo, cuando las lluvias son intensas. Considera entonces, que un control químico basado en aspersiones para actuar contra las larvas recién emergidas, resultaría ineficaz. Las larvas, así mismo, penetran inmediatamente en los tejidos, por lo que sólo son sensibles a los insecticidas de contacto durante un período de tiempo muy corto, que probablemente no excede de algunas horas. El combate de esta plaga es especialmente difícil dada la corta duración del ciclo de la vida externa de las larvas, y considera que la lucha química solo es posible en los viveros forestales (FAO 1958).

Para Hochmut (1981), otro factor limitante para el éxito del control químico es la composición heterogénea en la edad de la población de la plaga, pues en determinado lugar y tiempo existen todos los estados del desarrollo, siendo posible combatir solamente

las larvas y los imagos (mariposas), que son los estados más susceptibles. Por lo tanto, los tratamientos se deben repetir con mayor frecuencia que lo que demora el desarrollo de una generación, al menos cada 20 días. Aunque se han elaborado algunos métodos de combate químico contra los adultos y contra las larvas, no siempre es factible realizarlos todos debido a su alto costo (muchas repeticiones y elevadas dosis de insecticidas).

En ensayos de campo Venezuela, Ramírez-Sánchez (1966) citado por Holsten (1977), evaluó siete diferentes insecticidas: DDT, Fosforeno, Aldrin, Telodrin, Parathion, Matasystox y Endrin. Aunque se obtuvo un "excelente" control de la plaga (no se menciona con cuál insecticida), el tratamiento fue muy costoso, dado que para hacerlo efectivo, fueron necesarias de 2 a 3 aspersiones en cada período de oviposición (cada seis semanas). También se observó que la frecuencia de lluvias fuertes y una elevada evapotranspiración acortó los rangos de efectividad del insecticida a cuatro días.

Allan *et al.* (1970) evaluaron un grupo de 28 insecticidas sistémicos en el control de larvas de *H. grandella*, bajo condiciones de invernadero en Turrialba, Costa Rica. De los 28 insecticidas sistémicos probados, cinco (Carbofurán, Methomyl, Phosphamidon, Monocrothopos e Isolan) dieron protección completa. Las plántulas tratadas con Monitor, Trichlorofon, Dimethoae y Dicrotopos fueron dañadas, pero ninguna larva sobrevivió después de siete días. Los demás insecticidas no dieron resultados satisfactorios. Methomyl y Carbofurán fueron los únicos que 23 días después de aplicados, mostraron protección completa contra los ataques.

En ensayos de control químico en la Estación Experimental de Tingo María, Perú, Dourojeanni (1963) realizó la aplicación de Arseniato de Plomo 1.5% en suspensión, a la que añadió cal apagada 1.5%, y 0.5% de cola de carpintero, repitiendo las aplicaciones de 2 a 4 veces por mes, según la intensidad del ataque. Posteriormente aplicó DDT 0.5% en agua, y aunque resultó más efectivo que el tratamiento anterior, no solucionó el problema. Posterior a estos tratamientos se evaluó la aplicación de Parathion (Folidol), insecticida fosforado que se caracteriza por penetrar los tejidos vegetales, sirviendo no sólo como preventivo sino para el control de infestaciones establecidas. Ninguno de los tratamientos antes

descritos presentan una respuesta positiva al control de la plaga; además, los costos son altos y la aplicación presenta serias dificultades.

Holsten (1977) indica que se han obtenido buenos resultados con insecticidas sistémicos incorporados a polímeros de matriz, colocados en la zona radicular de las plantas. El insecticida es gradualmente liberado del polímero por hidrólisis y difusión continua, para luego penetrar al árbol, ligándose química y físicamente a los tejidos y a las hojas nuevas de los brotes. De manera complementaria, en ensayos preliminares de campo y laboratorio, se seleccionaron 28 insecticidas, encontrando a Isolan, Carbofuran, Phosphamidon, Methomyl y Monocrothopos como promisorios. Otros resultados indicaron que la combinación de Isolan, Phosphomidon y Monocrothopos, protegieron a las plántulas por 90 días. La combinación Carbofuran-Polyimide suprimió ataques continuos por casi un año.

En la Provincia de Matanzas, Cuba, Berríos *et al.* (1987), evaluaron la efectividad de tres insecticidas en el control de *H. grandella*, en plantas de *C. odorata* en vivero. Los insecticidas Actellic 50% EC y Dipterex 80% PH dieron efectos similares sobre *H. grandella*, con lo que se llegó a controlar por encima del 50% el estado nocivo de la plaga. Los autores recomiendan utilizar alguna sustancia adherente, y realizar las aplicaciones cada 20 días, período que consideran como óptimo para una nueva aplicación.

Grijpma y Ramalho (1969) mencionan que el control de *H. grandella* con insecticidas es difícil, pues las larvas penetran rápidamente en los tejidos de la planta, una vez que emergen de los huevos. Es probable que el tiempo en que sean susceptibles a insecticidas no pasa de algunas horas (FAO 1958), y la eclosión es más frecuente durante las primeras horas de la noche, lo que dificultaría el combate (Ramírez-Sánchez 1964).

Ramírez-Sánchez (1964) considera que económicamente es posible reducir los daños hasta un nivel tolerable, si se aplican los insecticidas debidamente seleccionados en el momento oportuno. Ese momento oportuno no es otro que la oviposición, pues si se conoce el período de oviposición y los días de mayor oviposición dentro de ese período, entonces una o dos aspersiones en los siguientes días críticos pueden ser suficientes para controlar los ataques.

De manera general, puede considerarse que, en relación al uso de tratamientos químicos, no se han logrado resultados efectivos a largo plazo, pues se desconocen las dosis óptimas, las épocas exactas de aplicación y las condiciones climáticas favorables para la efectividad de las aplicaciones, así como la fenología de las especies para las diversas condiciones de sitio. Además, los costos son elevados dada la extensión de las aplicaciones y los productos. Debido a la dinámica de la plaga, la efectividad de las aplicaciones puede variar en función del sitio y las condiciones climáticas.

### Métodos silviculturales

El problema silvicultural con respecto al control del daño causado por *Hypsipyla* radica en encontrar una técnica de manejo que permita recuperar las plantas afectadas durante el período de su mayor sensibilidad en el menor tiempo posible (Vega 1981).

Holsten (1977), indica que desde un punto de vista ecológico, las plantaciones de Meliáceas a gran escala no son adecuadas para el trópico, pues bajo condiciones normales, los árboles se encuentran dispersos a través de los bosques. Consecuentemente, los controles silviculturales usados para la supresión del barrenador, deben ser métodos que imiten las condiciones ecológicas naturales. En resumen, los principales factores tomados en consideración son: reducción de las tasas de plantación, plantación bajo sombra y buena calidad de sitio (Holsten 1977).

Como ya se indicó, de acuerdo a Gara *et al.* (1975), la plaga reacciona con mayor intensidad al follaje nuevo de los árboles que crecen a campo abierto. En este sentido, para Gray (1972), citado por Gara *et al.* (1975), los árboles que crecen más lentamente, son por lo tanto menos propensos a ser atacados, lo cual puede explicar los resultados de los estudios silviculturales, que recomiendan cultivar Meliáceas bajo una cubierta de árboles para prevenir el ataque de *Hypsiyla*. FAO (1958) considera que debe mantenerse cierto grado de cubierta, ya que la luz favorece el desarrollo del insecto, por lo que recomienda una plantación densa con sombra cenital continua, o una plantación clara con sombra lateral.

Dourojeanni (1963) menciona la ausencia relativa de ataques en lugares muy sombreados, ya que no es común hallar un árbol

desarrollado en condiciones naturales que presente daños por *Hypsipyla*. En este caso, el único factor que varía, respecto a la plantación a campo abierto, es la luminosidad. Esto conlleva a la alteración de muchos otros factores que consecuentemente originan un habitat poco favorable para el insecto, ya sea por humedad excesiva o cierta deficiencia nutritiva en el brote que se desenvuelve sin luz, o simplemente la dificultad de las mariposas para ubicar dentro del bosque las plantas aisladas que puedan ser susceptibles. Con este sistema, además de reducir los costos comparados con una plantación habitual, se elimina el peligro de erosión de los suelos, sin necesidad de coberturas y labores especiales.

Entre estos métodos se considera plantar con altas densidades de siembra, pues ésta al ser alta, puede provocar un efecto semejante al que ocasiona la falta de luz, haciendo que la planta sea poco apetitosa para el insecto, o quizás la fuerte competencia por luminosidad provoca un desarrollo en altura con gran rapidez, evadiendo así a la plaga.

Al respecto, Holdridge (1943) aconseja para la zona del Caribe la plantación de un máximo de 60 árboles por hectárea en lugares cuidadosamente elegidos. Observa que *Hypsipyla* no tolera la sombra, pero ya que puede reducir el desarrollo de *Cedrela*, opina que es mejor plantar a plena luz con la esperanza de que las plantas jóvenes y ampliamente espaciadas en sitios especialmente favorables puedan resistir el ataque del insecto, atravesando rápidamente la fase de susceptibilidad.

De acuerdo a Huguet y Marie (1951), citados por FAO (1958), en las Antillas Francesas, los ataques van asociados con un suelo pobre, alta luminosidad (pleno sol) y viento. Aubréville (1947), citado por FAO (1958), sugiere que se favorezca el máximo desarrollo de las plantas para ponerlas a salvo del *Hypsipyla* tan rápidamente como sea posible.

Dourojeanni (1963) considera que lo más efectivo, "hasta el momento", son las plantaciones bajo sombra de bosque natural, pero que es preciso hacer plantíos a pleno sol, pero mucho más densos, lo cual puede lograrse con la misma especie u otras compatibles.

Vega (1981), evaluó el efecto de la poda en el crecimiento y recuperación de la forma de *C. odorata* y *C. angustifolia* en Surinam, y

concluyó que al lograr incrementos en altura se evadió el ataque de *Hypsipyra*. Entre los resultados del estudio, es de interés mencionar que se determinó una alta correlación negativa entre la intensidad del ataque y la altura, y entre intensidad de ataque y diámetro.

En relación a lo anterior, Hochmut (1981), indica que se ha comprobado que la resistencia de *C. odorata* depende del diámetro y la altura de los árboles. Las plantas con mayor diámetro forman sus tejidos del parénquima con células de paredes más gruesas, con menor contenido de agua y aceites volátiles. Además, éstos se recuperan mejor del ataque de *Hypsipyra grandella*, gracias a su vigor.

### Selección por resistencia en Meliaceae

El término resistencia se refiere a la habilidad de los árboles para crecer y desarrollarse normalmente, incluso cuando son atacados por plagas (Zobel y Talbert 1988). Para Painter (1961, 1966, citado por Grijpma 1976 y Zobel y Talbert 1994), la resistencia se considera como el resultado de tres mecanismos:

1. **Preferencia/no preferencia:** el insecto es atraído o rechazado, para alimentarse y ovipositar en el árbol.

Diversos autores, citados por Grijpma (1976), coinciden que en el caso de los insectos oligófagos, este mecanismo tiene una base química, y se evidencia que *H. grandella* se orienta por medios quimiorreceptores a las plantas hospederas. En este caso, la preferencia *H. grandella* está limitada a la familia Swietenioideae.

2. **Antibiosis:** el insecto es destruido, dañado o se evita que complete su ciclo de vida normal después de que se ha alimentado de un árbol.

Grijpma (1976) considera que de los factores estructurales, toxicológicos y nutricionales que pueden resultar en antibiosis, el énfasis se puede poner en los aspectos químicos. En este sentido, Grijpma y Roberts (1973) estudiaron la base química de la inmunidad de *T. ciliata* al barrenador, pues se constató que éste es atraído y oviposita sobre *T. ciliata*, pero que las larvas mueren cuando penetran en los tejidos de esta especie. Utilizando la técnica de cromatografía de capa fina, se estableció que probablemente hay dos componentes tóxicos y polares en la extracción acuosa de hojas de *T.*

*ciliata*, uno de los cuales es altamente polar. En cantidades equivalentes a 50 mg de hojas de *T. ciliata*, estos compuestos inyectados oralmente en larvas del sexto estadio del barrenador causaron una mortalidad de 80%. En dosis de 150 mg de hojas de *T. ciliata*, la fracción purificada del compuesto más polar resultó en una mortalidad del 100% de las larvas tratadas, mientras que en dieta de *C. odorata*, las larvas lograron completar su desarrollo normalmente.

Además, se evaluaron injertos de *C. odorata* sobre *T. ciliata*, los que resultaron en una total inmunidad del cedro al ataque del barrenador. La hipótesis propuesta en este caso es que los compuestos químicos presentes en *T. ciliata* se transmiten y proporcionan resistencia al ataque del barrenador. Para *C. odorata* se presentó una respuesta favorable al injerto, así como la presencia de resistencia al primer estadio del insecto, aunque en menor magnitud que la presentada por *T. ciliata*.

**3. Tolerancia:** el árbol se recupera del ataque infringido, por una población aproximadamente igual a aquella que dañaría a un árbol susceptible normal. Henson *et al.* (1970), citados por Zobel y Talbert (1994), propusieron el término "susceptibilidad", como una medida del grado al cual el árbol o población será atacado por el insecto, y "vulnerabilidad", como una medida del daño que causará el insecto.

Algunos fitopatólogos utilizan el término "tolerancia" para indicar específicamente el grado al cual un árbol puede crecer en presencia de una plaga o ambiente adverso reteniendo a pesar de ello su valor económico (Zobel y Talbert 1988). En relación a este proceso, Grijpma (1976) considera que se basa en una combinación con mecanismos de *escape* al ataque. De acuerdo a ésto, después de un ataque las condiciones favorables de sitio permitirán el desarrollo de un brote líder, que al sobrepasar el rango de vuelo del insecto y/o formar nuevos tejidos y engrosar paredes celulares, hará que la plaga se disperse y el árbol pueda desarrollarse sin más ataques o ataques no nocivos.

Newton *et al.* (1995b) consideran que se han documentado los mecanismos de resistencia para diferentes especies de Meliáceas, pero existe poca información disponible concerniente a la variación intraespecífica en estos atributos.

La selección por resistencia es una medida silvicultural prometedora como medida de control de *H. grandella*; actividad que puede involucrar especies resistentes en programas de plantación, o la selección de razas y linajes resistentes dentro de especies susceptibles (Newton *et al.* 1993a). Aunque como lo señala Chaplin (1980), citado por Newton *et al.* (1993a), la aparente resistencia a los ataques del barrenador de los brotes, mostrada en algunos ensayos de procedencias, depende del restablecimiento de un nuevo brote líder con un crecimiento apical vigoroso después del ataque.

Zobel y Talbert (1988), indican que no hay posibilidades de obtener genéticamente árboles inmunes, que no sean afectados del todo por las plagas o ambientes adversos; solo pueden desarrollarse árboles que puedan tolerar las plagas a fin de que sean más productivos.

Como lo indica Newton (1990), ninguna investigación previa se ha enfocado a estudiar la ocurrencia de resistencia al ataque de *Hypsipyla* en poblaciones naturales, aun cuando la presencia de compuestos tóxicos en las plantas sugiere la posibilidad de que existen individuos o poblaciones tolerantes.

Vega (1974) indica que la información disponible sobre la resistencia y susceptibilidad de diversos tipos dentro de un mismo género, como *Cedrela*, es muy escasa y muchas veces hay opiniones contradictorias. Igualmente la falta de trabajos experimentales relacionados a la resistencia a esta plaga se debe a que la mayoría de evaluaciones se han enfocado hacia otros puntos de vista, o a que muchas de las observaciones se han realizado bajo condiciones de campo abierto, que no es precisamente el óptimo ecológico de esta especie. Además, las observaciones de muchos experimentos 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 períodos más largos de observación.

Aunque se ha informado de la existencia de genotipos resistentes, Newton (1990) considera que es difícil asegurar hasta qué grado estos individuos representan ejemplos de verdadera resistencia, o bien recuperaciones o escapes. Para Zobel y Talbert (1988), el término *escape* se refiere a un árbol que ha sido atacado muy poco o que ha escapado por completo al ataque de la plaga (en este caso, cuando dichos árboles se seleccionan, el programa de mejoramiento genético

posiblemente fracasará, debido a que la progenie de los árboles seleccionados talvez no muestre una resistencia especial).

Resultados preliminares de pruebas de procedencias/progenies de *C. odorata* en Costa Rica, mostraron diferencias en la variación intraespecífica en cuanto a resistencia. Algunos de los individuos atacados tuvieron una buena recuperación debido al crecimiento vigoroso de un nuevo brote. Estudios adicionales indican que la variación específica en susceptibilidad es causada por variación en la producción de atrayentes químicos o toxinas (Newton 1995).

Newton (1995) utilizó pruebas de decapitación como una forma de simular el ataque de *Hypsipyla* en cinco procedencias de *C. odorata* en Costa Rica. La respuesta en dominancia apical estaría relacionada a la tolerancia de los diversos genotipos al ataque de la plaga. En este estudio se registraron picos de máxima actividad de las yemas terminales para el período entre la segunda y cuarta semana, y una posterior declinación en dicha actividad a la octava semana. En este caso, se obtuvieron diferencias entre procedencias, en donde Turrialba y San Carlos, fueron significativamente mayores en la actividad de las yemas, que las otras tres procedencias. Esta diferencia en respuesta a la decapitación se encuentra correlacionada con la localización geográfica de estas procedencias, pues Turrialba y San Carlos se localizan en la Región Atlántica, mientras las otras en la zona del Pacífico.

Para Newton (1995), las pruebas de decapitación pueden ser valiosas en el mejoramiento genético de *C. odorata*, aunque probablemente el principal inconveniente para establecer esta especie en plantaciones dentro de su distribución natural, es el ataque de plagas. La principal ventaja sería la identificación de genotipos valiosos en etapas tempranas, con una mejor respuesta al ataque del barrenador de los brotes.

Los daños que causan los insectos en los árboles forestales son a veces catastróficos, y se considera que se ha avanzado menos que en el caso de las enfermedades. Existen muchas razones para esto, entre las que destacan: la movilidad de los insectos, la falta de capacidad para predecir dónde y cuándo ocurrirá un ataque, la falta de conocimiento de la biología y ecología de las plagas, el desconocimiento de las causas de la resistencia y, en algunos casos, la falta de capacidad

para inducir "ataques forzados" cuando son necesarios para efectuar estudios genéticos controlados (Zobel y Talbert 1988).

Newton *et al.* (1993a) indican que un acercamiento a un método silvicultural que puede funcionar como medio para controlar el ataque de *Hypsipyla* es la selección por resistencia; esto implica la inclusión de especies resistentes en programas de plantación, o la selección de razas resistentes dentro de una especie susceptible.

Para Hochmut (1981), las investigaciones realizadas en América Latina y en otras regiones del mundo, han permitido llegar a la conclusión de que las Meliáceas nativas son mucho más susceptibles que las introducidas al ataque de la especie de *Hypsipyla* que existe naturalmente en la región. Las Meliáceas introducidas presentan cierto grado de resistencia a la plaga y algunas especies, muestran la inmunidad total.

Dourojeanni (1963) considera que no se han efectuado pruebas que permitan afirmar categóricamente la menor susceptibilidad de una u otra especie. Sin embargo, observaciones realizadas en plantaciones establecidas permiten ver con toda claridad la preferencia del insecto por el género *Cedrela* y todas sus especies.

Marquetti (1990) realizó observaciones durante siete años consecutivos en plantaciones de híbridos de *Cedrela* fuertemente atacados por *H. grandella* en Cuba. Este híbrido natural cubano, producto del cruzamiento entre *Cedrela odorata* x *Cedrela cubensis* Bisse, presentó una clara respuesta de tolerancia, al comprobarse una recuperación total de los individuos previamente atacados. Las plantaciones, donde se incluyó el híbrido y los progenitores, fueron fuertemente atacadas durante los dos primeros años; al tercer año el ataque fue casi imperceptible y en lo sucesivo no se produjo más, por lo que se sugiere una resistencia adquirida post-infestación. Sin embargo, es importante considerar, como lo indica Marquetti (1990), que dado que el híbrido posee heterosis, alcanzó buen desarrollo en menor tiempo, por lo que las partes apicales lograron alturas fuera del rango de vuelo del insecto en menor tiempo; asimismo, se logra un rápido engrosamiento y endurecimiento de tejidos acuosos, siendo esto una barrera física para las larvas del barrenador.

En relación a otras Meliáceas, *Toona ciliata* M.J. Roem. var. *australis* (F.v.M.) C. DC., introducida en 1967 a Costa Rica (Grijpma y

Roberts 1973), y considerada por muchos autores como una posible alternativa al problema del barrenador en América Latina (Grijpma y Ramalho 1969), ha sido objeto de marcado interés, debido entre otras cosas al éxito de su rápido crecimiento y resistencia al barrenador (Otárola *et al.* 1976). Estos mismos autores evaluaron y analizaron un total de 12 plantaciones de *T. ciliata* en Turrialba (Costa Rica), en relación a la importancia de este árbol como especie forestal en zonas húmedas bajas tropicales. Los resultados muestran la ausencia de problemas fitosanitarios, así como la ausencia total de insectos; sin embargo, se presentó muerte regresiva para los peores sitios.

Grijpma y Gara (1970b) indican que las larvas de *H. grandella* mueren cuando son expuestas a los aceites volátiles que emanan del follaje de esta Meliaceae exótica. Aparentemente, la toxicidad no afecta de forma adversa la eclosión, pero los primeros estadios larvales comúnmente encuentran la muerte con solo introducir sus cabezas en la epidermis de las plantas. Las larvas también mueren cuando están expuestas a sustancias volátiles que emanan de hojas machacadas de esta especie.

Gara *et al.* (1975) realizaron estudios de campo y laboratorio en Puerto Rico, acerca del comportamiento de *H. grandella* durante el vuelo y la selección del árbol hospedero. Concluyeron que las Meliáceas han desarrollado mecanismos de producción de sustancias tóxicas para *Hypsipyla*. El barrenador, que está evolucionando paralelamente con cada especie arbórea en particular, se ha adaptado a aquellas sustancias y de hecho utiliza los aceites esenciales como un atrayente hacia el hospedero.

Se considera que debido a diferencias químicas sutiles entre las sustancias producidas por las Meliaceae, los árboles que han sido introducidos en nuevos ambientes geográficos generalmente serán, por un tiempo desconocido, inmunes al ataque de *Hypsipyla*.

Por ejemplo, en relación a *T. ciliata* y *C. odorata*, el período de tiempo en el cual puede romperse esa inmunidad a las sustancias tóxicas, depende como sugieren Gara *et al.* (1975), en que existe una íntima afinidad química entre el atrayente primario de *Cedrela* y el componente tóxico de *Toona*; tal como se indica en el siguiente caso: *Toona ciliata* e *Hypsipyla robusta* en Asia, han evolucionado juntas, por lo que de acuerdo a Frankel (1953, 1959), citado por Gara *et al.*

(1975), *H. robusta* podría usar los mismos aceites volátiles como estímulos en la selección del hospedero, en vista de que *H. robusta* ataca fácilmente a *T. ciliata*. Es interesante tomar en cuenta que los árboles de *C. odorata* plantados en Africa y en las Filipinas no atraen a *H. robusta*; siendo un caso donde los mecanismos de defensa de *Cedrela* parecen adecuados contra las mariposas de *Hypsipyla* que todavía no se han adaptado al posible hospedero.

Las investigaciones realizadas en América Latina y otras regiones del mundo han permitido llegar a la conclusión de que las Meliáceas nativas, respecto a las introducidas, son mucho más susceptibles al ataque de la especie de *Hypsipyla* que existe naturalmente en la región (especie autóctona), pues se considera que las introducidas presentan cierto grado de resistencia a la plaga y algunas, inmunidad total (Hochmut 1981)

Respecto a este tema, Hochmut (1981), cita algunos ejemplos: en Cuba se observó una gran susceptibilidad de *C. odorata*, *S. macrophylla*, *S. mahogani* y *Carapa guianensis* al ataque de *H. grandella*; mientras que los árboles de *Khaya senegalensis* presentaron resistencia total o parcial (Manso 1974).

En Costa Rica, Grijpma y Ramalho (1970), advirtieron que *Toona ciliata* var. *australis*, *T. sureni* y *Khaya ivorensis*, fueron totalmente resistentes al ataque de *H. grandella*, mientras que las especies domésticas de *Cedrela* y *Swietenia* fueron fuertemente atacadas.

En Honduras, Chable (1967) observó en las meliáceas introducidas, *Khaya niasica*, *K. ivorensis* y *T. ciliata* un ligero ataque, sin importancia económica, mientras que las especies nativas *C. odorata* y *S. macrophylla* sufrieron fuertes ataques. En Australia, donde *C. odorata* es una planta introducida, no se advirtió ataques por la especie autóctona *H. robusta*, que en la misma región destruya a *T. ciliata*, una Meliaceae doméstica (Streets 1962).

Otra Meliaceae como *Chukrasia tabularis*, proveniente de Bangladesh, fue plantada en St. Croix (Islas Vírgenes). Después de algunos años de aparente inmunidad, presentó ataques de *H. grandella* (Holsten 1977). En otro caso, la larva de *H. grandella* atacó los brotes terminales de las plantaciones jóvenes de *Carapa guianensis*, ocasionando la muerte del brote terminal, pero los árboles desarrollaron otro brote que continuó el desarrollo terminal del

árbol, por lo que Santander y Albertín (1978), consideraron a esta especie como una buena alternativa para sustituir en algunas ocasiones a otras Meliáceas, principalmente *Cedrela*.

De acuerdo a Rodríguez (1980), las especies del género *Khaya* (*K. niasica*, *K. senegalensis* y *K. ivorensis*), resultaron altamente resistentes a los ataques de *H. grandella*. Manso (1974), citado por Rodríguez Pérez (1980), no observó ataques de *H. grandella* en *K. niasica* ni en *K. senegalensis*, durante investigaciones llevadas a cabo en 1971 y 1972 en la Provincia de La Habana en Cuba, a pesar de existir una fuerte infestación en parcelas de *S. macrophylla* muy próximas al sitio. En Artemisa (Cuba) colectó brotes de estas dos especies atacadas por *H. grandella*, y comprobó que las larvas no completaron su ciclo biológico, pues todas murieron dentro del túnel.

Rodríguez (1980) hace especial referencia al hecho de que *K. niasica* muestra una notable resistencia a los ataques de *H. grandella* y *Apte monachus* (Coleoptera: Bostrychidea), un perforador del tejido leñoso, manifestando que es importante destacar que de todas las especies maderables presentes en la Provincia de Las Villas en Cuba, *K. niasica* resultó altamente resistente al ataque de estos insectos. Cuando los adultos perforan los árboles de esta especie, lo hacen siempre superficialmente, por lo que los árboles reaccionan enérgica y rápidamente, segregando resina e impidiendo la continuidad del ataque.

Grijpma (1970) supone que aceites esenciales volátiles en los brotes y las hojas, los cuales serían diferentes para varias Meliáceas, pero probablemente no para todas, atraen a la mariposa de *Hypsipyla* a los árboles huéspedes. Una especialización de la mariposa de *Hypsipyla* sobre ciertos aceites esenciales de las Meliáceas nativas conduciría a la inmunidad respecto a las exóticas, que no tendrían estos aceites esenciales como componentes principales.

## V. MATERIALES Y METODOS

En este capítulo se hace referencia a los ensayos por separado, pues los mismos fueron evaluados de manera individual y se describen en el siguiente orden:

1. Ensayo de Procedencias y Familias.
2. Ensayo de Clones<sup>1</sup>.

### 1. ENSAYO DE PROCEDENCIAS Y FAMILIAS

Se evaluaron 10 procedencias y 41 familias. De las procedencias evaluadas, nueve son de Costa Rica (CAÑAS, CARMONA, COBANO, GUAPILES, HOJANCHA, PACIFICO SUR, SAN CARLOS, TALAMANCA y UPALA), y una de Venezuela (VENEZUELA).

Las familias se identificaron de acuerdo a la procedencia y al número de registro del árbol del que se recolectó la semilla.

#### 1.1 Descripción del área de estudio

El ensayo se localiza en San Francisco La Palmera, en el Distrito La Palmera del Cantón de San Carlos, a 30 km de Ciudad Quesada, en la Provincia de Alajuela. El sitio se ubica en las coordenadas geográficas de 84° 24' de longitud oeste y 10° 27' de latitud norte, a una elevación de 120 msnm (Figuras 1 y 2). Se localiza dentro de la zona de vida del Bosque muy húmedo tropical, bnh-T (Tosi 1968), con una temperatura media anual de 23.5°C y 2800 mm de precipitación anual, con 3 meses secos (de febrero a abril).

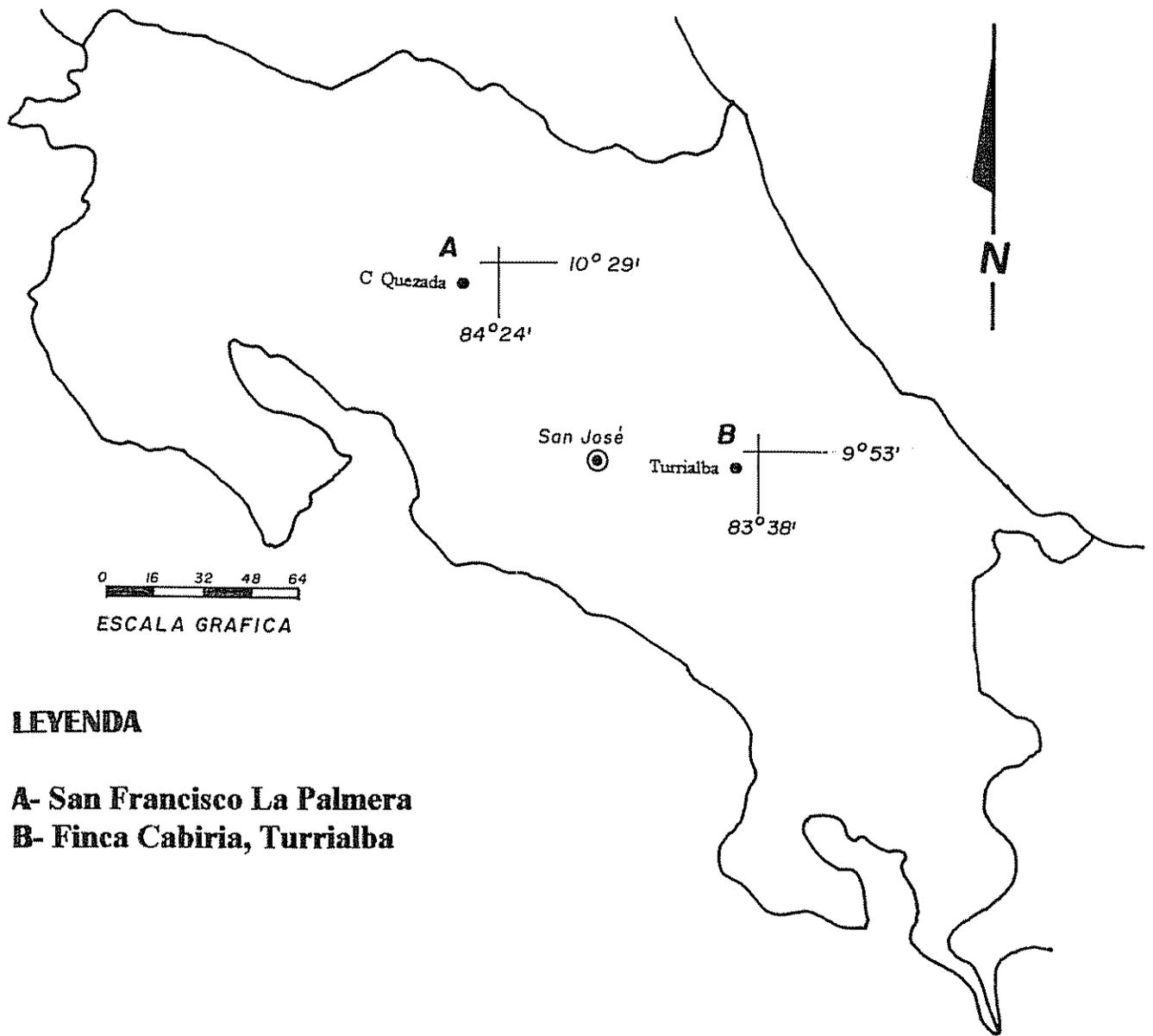
Para el área donde se ubica el ensayo se cuenta con información meteorológica únicamente para precipitación. El resumen de los datos de precipitación para el área de influencia del ensayo, se presenta en el Cuadro 1, y en forma gráfica en el climadiagrama de la Figura 3.

---

<sup>1</sup>Procedencia: zona geográfica dentro de la cual crecieron los árboles progenitores, y dentro de la cual han desarrollado su constitución genética por selección natural y/o artificial (Burley y Wood 1979).

Familia: conjunto de individuos que tienen uno o aabos progenitores en común (Zobel y Talbert 1988).

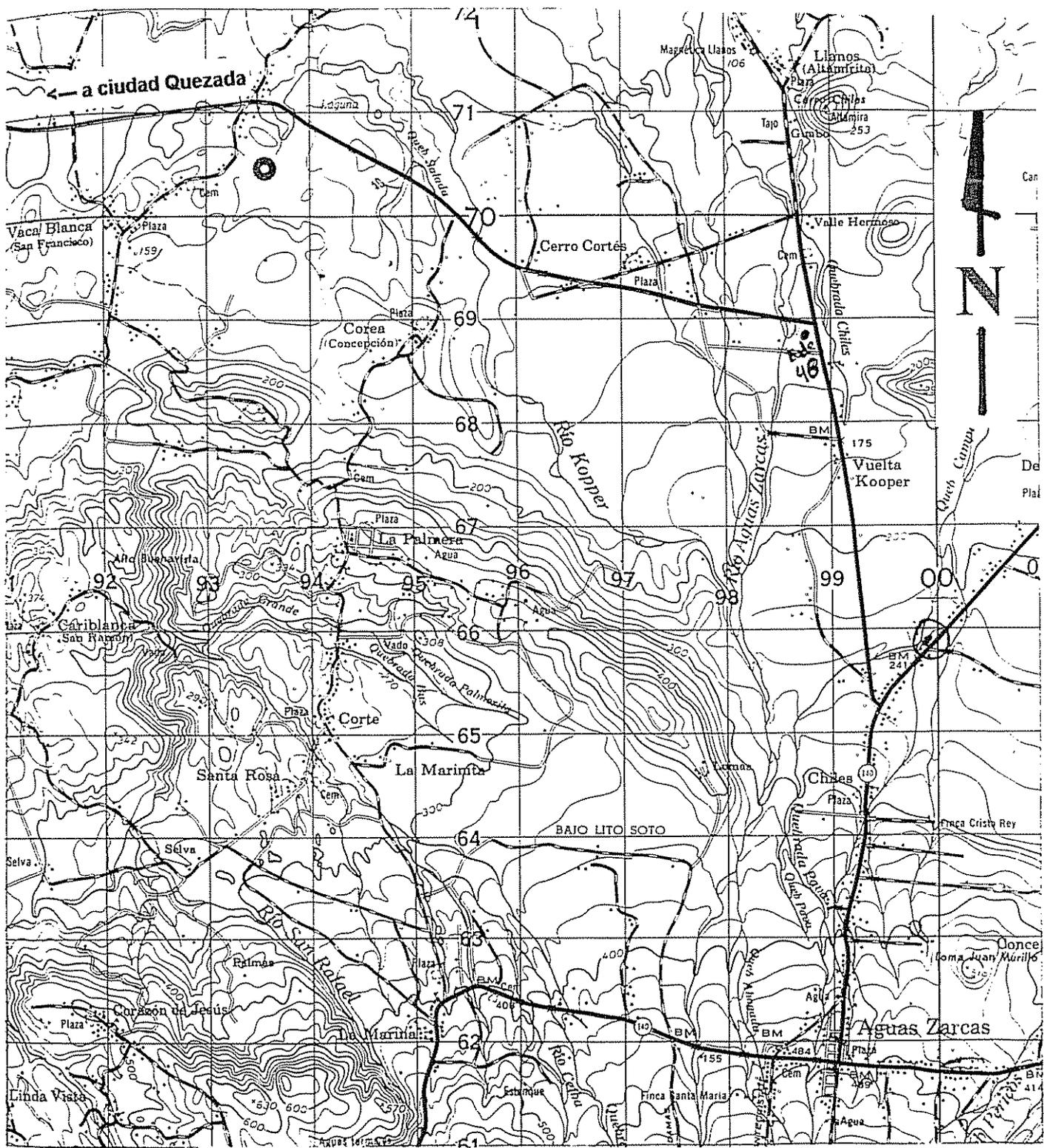
Clon: grupo de individuos que tienen origen común y han sido producidos por medios vegetativos y no por semilla. Los aaeabros de un clon (raaet) se consideran extensiones de un solo individuo (Padilla García 1981).



**LEYENDA**

- A- San Francisco La Palmera**
- B- Finca Cabiria, Turrialba**

**FIGURA 1.** Ubicación de los ensayos de *C. odorata* evaluados en el marco geográfico de Costa Rica.



● UBICACION DEL ENSAYO

**FIGURA 2. Ubicación geográfica del ensayo de procedencias y familias de *C. odorata*. San Francisco La Palmera.**

CUADRO 1. Resumen de datos de precipitación del área del ensayo de procedencias y familias, San Francisco La Palmera, San Carlos.

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MEDIA	TOTAL
156	90.7	44.9	57.6	237	339	308	400	348	357	292	236	238.8	2865.8

Fuente: Estación Muelle San Carlos (No. 69554). Lat 10°28'N Lon 84°28'W  
Elevación 60 asna. Instituto Meteorológico Nacional (periodo 1979-85).

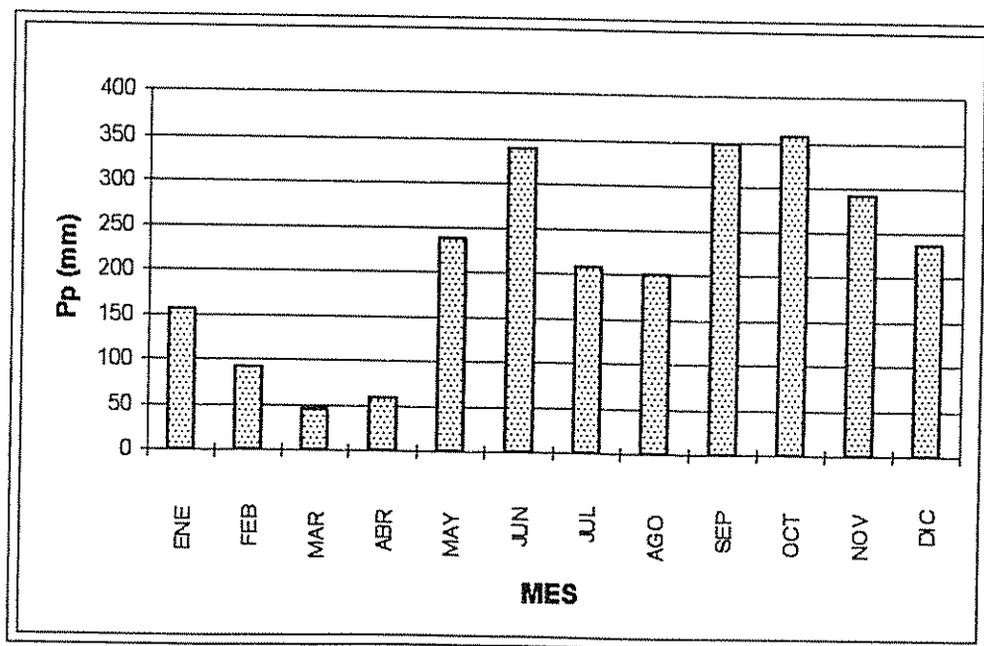


Figura 3. Comportamiento de la precipitación mensual en milímetros para el área de San Francisco La Palmera (1979 - 1985).

## 1.2 Material experimental

Como ya se indicó, se evaluaron 10 procedencias y 41 familias. De las procedencias evaluadas, 9 provienen de semilla recolectada en árboles *plus* de *C. odorata* seleccionados en diferentes sitios de Costa Rica. Las procedencias SAN CARLOS, GUAPILES, UPALA y TALAMANCA, son originarias de la región atlántica; en tanto que CAÑAS, CARMONA, HOJANCHA Y COBANO, son originarias del pacífico seco (zona seca) de Costa Rica. La procedencia PACIFICO SUR, es originaria de la zona sur de Costa Rica en el área entre Palmar Norte y Palmar Sur. La otra procedencia es originaria de la zona de San Carlos, Estado de Zulia, Venezuela (Newton 1995<sup>2</sup>).

Las plántulas fueron reproducidas en el vivero forestal del Proyecto Mejoramiento Genético Forestal (PMGF) de CATIE en Turrialba, de donde fueron trasladadas al sitio definitivo. El ensayo se estableció en septiembre de 1994, por lo que al término de la evaluación (julio 1996) las plantas contaban con una edad de 20 meses, desde su plantación. El sitio del ensayo era destinado a la plantación comercial de Itabo (*Yucca spp.*)

En el Cuadro 2 se presentan las principales características de los sitios de origen de las procedencias y familias de *C. odorata* evaluadas en el ensayo.

---

<sup>2</sup>/ Adrian Newton, comunicación personal, 1995.

CUADRO 2. Características de los sitios de origen de las procedencias y familias de *C. odorata* evaluadas en el ensayo.

PROCEDECENCIA	CODIGO DE FAMILIAS	LONGITUD (° W)	LATITUD (° N)	ALTITUD (mnm)	pp mm/año	Temp media anual (°C)
CAÑAS	1	85° 02.3'	10° 18.3'	80	2100	26.6
	14	85° 01.1'	10° 15.6'	80		
	15	85° 01.5'	10° 16.2'	100		
	16	85° 01.2'	10° 16.9'	100		
	17	85° 02.4'	10° 17.9'	140		
CARMONA	5	85° 15.5'	10° 06.2'	60	2000	26.5
	6	85° 15.5'	10° 06.1'	60		
	7	85° 15.4'	10° 06.5'	60		
	10	85° 15.7'	10° 06.0'	60		
COBANO	201	85° 04.8'	09° 37.9'	5	2800	26.0
	202	85° 04.9'	09° 38.2'	5		
	203	85° 05.2'	09° 38.8'	5		
	206	85° 08.5'	09° 39.0'	10		
	207	85° 08.4'	09° 38.7'	10		
GUAPILES	101	83° 44.4'	10° 12.8'	200	4300	26.0
	102	83° 47.8'	10° 12.8'	220		
	103	83° 47.7'	10° 12.4'	270		
	104	83° 47.5'	10° 12.8'	220		
	105	83° 48.7'	10° 12.5'	280		
HOJANCHA	3	85° 25.2'	10° 08.0'	340	2250	26.4
	4	85° 25.1'	10° 08.2'	340		
	11	85° 20.8'	10° 05.3'	100		
	12	85° 24.5'	10° 04.7'	350		
	13	85° 25.0'	10° 03.0'	330		
PACIFICO SUR	214	83° 26.4'	09° 11.2'	400	3500	25.1
	215	83° 27.0'	08° 57.8'	75		
SAN CARLOS	2	84° 31.8'	10° 24.6'	120	2865	23.5
	18	84° 36.4'	10° 28.6'	160		
	19	84° 33.9'	10° 27.3'	80		
	21	84° 32.5'	10° 25.8'	120		
	22	84° 31.6'	10° 23.9'	140		
TALAMANCA	108	82° 53.2'	09° 35.6'	100	2700	25.0
	109	83° 52.3'	09° 35.9'	60		
	110	82° 54.4'	09° 46.4'	10		
	111	82° 54.4'	09° 46.4'	10		
	112	82° 54.4'	09° 46.4'	10		
UPALA	133	85° 58.2'	10° 57.2'	40	2300	23.0
	134	85° 58.2'	10° 57.3'	40		
	139	85° 58.2'	10° 57.3'	40		
VENEZUELA	1 3	San Carlos, Estado de Zulia Venezuela				

### 1.3 Diseño experimental

El ensayo fue establecido de acuerdo a un diseño de Bloques Completos al Azar, con 41 tratamientos y 10 repeticiones; cada tratamiento corresponde a una familia. Los tratamientos se distribuyeron en parcelas de 3 árboles, con un distanciamiento de 3 metros entre árboles, y 3 metros entre tratamientos. El ensayo cuenta con bordes externos del mismo material, y no existe línea de borde entre bloques, ni entre tratamientos. En la Figura 4 se observa el mapa del ensayo en el sitio.

### 1.4 Problemas en el ensayo

Por carecer de material suficiente, las familias Cóbano202, Cóbano206, Cóbano207, Upala133, Upala134, Upala139 y Venezuela3, presentan menos repeticiones.

El ensayo se vio afectado al inicio de su evaluación y en dos lecturas posteriores, por una intensa proliferación de malezas, por lo que se registró un total de 19% de árboles muertos. Además, muchos árboles no fueron evaluados en algunas lecturas, pues aunque estaban vivos, la maleza impedía su lectura para fines del estudio. Ambos tipos de datos fueron registrados como perdidos.

El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + P_j + F(P)_{kj} + e_{ij} + \delta_{ijk}$$

donde:

$Y_{ijk}$	=	variable aleatoria observable (promedio por parcela)
$\mu$	=	media general en el ensayo
$B_i$	=	efecto del $i$ -ésimo bloque
$P_j$	=	efecto de la $j$ -ésima procedencia
$F(P)_{kj}$	=	efecto de la $k$ -ésima familia dentro de la $j$ -ésima procedencia
$e_{ij}$	=	error residual de cada observación
$\delta_{ijk}$	=	efecto de las unidades de muestra (árboles dentro de la parcela)

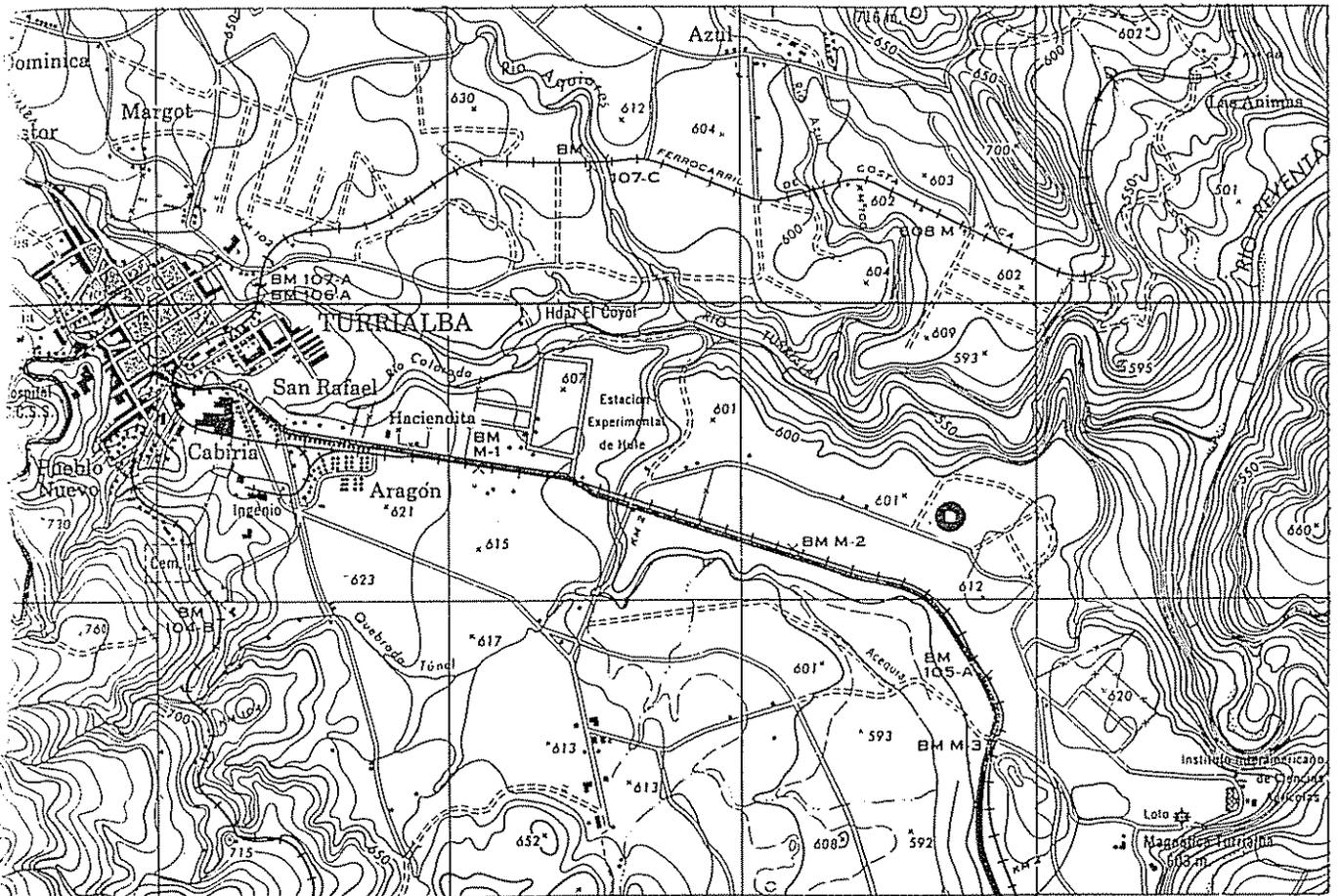
## 2. ENSAYO DE CLONES

Se evaluó un total de 18 clones y 3 procedencias de *C. odorata*. Dos procedencias son originarias de Costa Rica (CAÑAS y SAN CARLOS) y una de Trinidad y Tobago, denominada TRINIDAD (Newton 1995<sup>3</sup>). Los clones se identificaron de acuerdo al número de registro de ingreso al vivero forestal del Proyecto Mejoramiento Genético Forestal del CATIE, en Turrialba.

### 2.1 Descripción del área de estudio

El ensayo se estableció en la Finca Cabiria del CATIE, a una distancia aproximada de 3.5 km de la ciudad de Turrialba, en el Distrito Central del Cantón de Turrialba, Provincia de Cartago. Se localiza en las coordenadas geográficas de 83° 38.5' de longitud oeste y 9° 38' de latitud norte, a una altitud de 600 msnm (Figuras 1 y 5). Se ubica dentro de la zona de vida del Bosque premontano muy húmedo, P-mh, (Ibarra *et al.* 1970). La zona tiene una temperatura media anual de 21.7°C y un promedio de 2593 mm de precipitación anual, sin meses secos. El resumen de los datos climáticos se presenta en el Cuadro 3 y en forma gráfica en el Climadiagrama de la Figura 6.

<sup>3</sup> Adrian Newton, 1995, comunicación personal.



● UBICACION DEL ENSAYO

**FIGURA 5.** Ubicación geográfica del ensayo de clones de *C. odorata*. Finca Cabiria, Turrialba.

Cuadro 3. Resumen de los datos meteorológicos del área de Turrialba.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MEDIA	TOTAL
T°C	20.5	20.6	21.4	22.0	22.5	22.4	22.0	22.1	22.3	22.1	21.6	20.8	21.7	
Pp	171	127	86	122	226	261	277	253	249	248	263	310	216	2593
Evtp	75	77	96	94	92	82	79	85	86	86	72	70	83	994

Fuente: Estación meteorológica de CATIE, Turrialba. Lat 9°36' N Lon 83°38' W  
 502 msnm (periodo de 1942-1994).

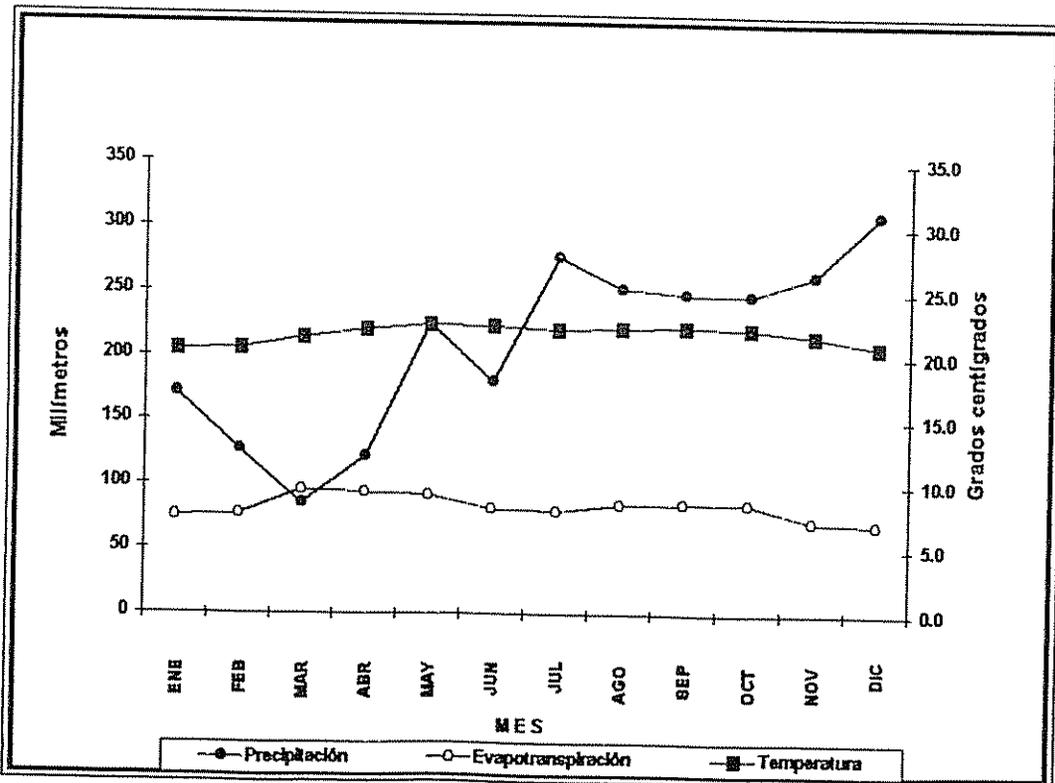


Figura 6. Climadiagrama para la zona de Turrialba, Cartago.  
 Período 1942 - 1994.

## 2.2 Material experimental

Se evaluaron 18 clones provenientes de estacas de árboles *plus* seleccionados en diferentes sitios y reproducidas en el vivero forestal del Proyecto Mejoramiento Genético Forestal (CATIE) en Turrialba. El ensayo fue establecido en noviembre de 1995, por lo que al término de la evaluación (agosto 1996), los árboles tenían 9 meses, desde su plantación. Al establecer el ensayo, el sitio se encontraba en abandono, aunque anteriormente había sido utilizado para ensayos agroforestales.

En el Cuadro 4 se presentan las principales características de los sitios de origen de las procedencias y clones de *C. odorata* evaluados en el ensayo.

CUADRO 4. Identificación y características de las procedencias y clones de *C. odorata* evaluados en el ensayo.

PROCEDECENCIA	CODIGO DE CLON	LONGITUD (° W)	LATITUD (° N)	ALTITUD (msnm)	pp (mm)/año	Temp media anual (°C)
TRINIDAD Y TOBAGO (St. Andrew)	1998	61° 05'	10° 28'	100	2500	28.0
	1999-1					
	2000-1					
	2002-1 2002-2					
SAN CARLOS (Alajuela)	2003-2 2003-3 2003-4	84° 31.8'	10° 24.6'	120	2750	22.0°
	2004-4	84° 36.4'	10° 28.6'	160	2750	22.0°
	2005-2 2005-3 2005-4 2005-5 2005-6	84° 33.9'	10° 27.3'	80	2750	22.0°
	2006-2	84° 32.5'	10° 25.8'	120	2750	22.0°
	2007-1 2007-4	84° 31.6'	10° 23.9'	140	2750	22.0°
	CAÑAS (Guanacaste)	2012-2	85° 02.6'	10° 17.9'	140	2000

### 2.3 Diseño experimental

El ensayo fue establecido de acuerdo a un diseño de Bloques Completos al Azar con 18 tratamientos (representado por cada uno de los clones) y 10 repeticiones, que se distribuyeron en parcelas de 1 árbol, con un distanciamiento de 2 metros entre sí. El ensayo presenta una línea de borde del mismo material, y no hay bordes interiores.

### 2.4 Problemas en el ensayo

Los clones 1998-x, 2004-4 y 2005-2, tenían una repetición menos, mientras que el clon 2012-2 tenía 4 repeticiones menos, por lo que estos valores se registraron como datos perdidos.

Los árboles dentro del ensayo se vieron afectados en su follaje por "escamas" del género *Planococcus*, que provocaron la muerte de un ramet del clon 2012-2. Se aplicó un insecticida a base de sales potásicas, que no resultó eficiente. A pesar de esto, los árboles afectados resistieron el ataque de la plaga y no sufrieron efectos severos visibles.

En la Figura 7 se observa el mapa de la distribución del ensayo en el sitio.



El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + P_j + C(P)_{kj} + e_{ijk}$$

donde:

$Y_{ijk}$ =	variable aleatoria observable
$\mu$ =	media general de la población
$B_i$ =	efecto del i-ésimo bloque
$P_j$ =	efecto de la j-ésima procedencia
$C(P)_{kj}$ =	efecto del k-ésimo clon en la j-ésima procedencia
$e_{ijk}$ =	error residual de cada observación

### 3. PROCEDIMIENTO ANALITICO

Cada una de las variables se midió y registró de acuerdo a lecturas mensuales, como se describe a continuación:

**Ensayo de procedencias y familias:** diciembre 1995 a julio 1996, para un total de 8 lecturas.

**Ensayo de clones:** diciembre 1995 a agosto 1996, para un total de 9 lecturas.

Los datos de campo fueron recolectados en formularios diseñados para el efecto (ver Anexo), y almacenados en hojas electrónicas del programa *QUATTRO PRO*, y transformados como archivos *.PRN* para su posterior análisis con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), (SAS Institute 1982).

#### 3.1 Variables evaluadas

##### 3.1.1 Altura total (cm)

La altura total se midió en centímetros, desde el nivel del suelo hasta el ápice, utilizando varilla telescópica (con aproximación al cm). En el caso de árboles bifurcados se midió el eje más alto.

En este caso se esperaba que la altura, como expresión de una mejor adaptación al sitio, se relacionara de manera negativa con la susceptibilidad de los genotipos al ataque de *H. grandella*. Al alcanzar una mayor altura el brote apical, se espera que el árbol

evada la zona de vuelo de *H. grandella*, por lo que el número de ataques sería menor. Sin embargo, en los sitios evaluados, se desconoce el rango de vuelo de este insecto.

### 3.1.2 Porcentaje de árboles no atacados

Los genotipos menos afectados por el ataque de *H. grandella*, se evaluaron en función del porcentaje de árboles "no atacados" durante el período de estudio. Se utilizó el porcentaje, pues dentro de las poblaciones evaluadas no todas presentaron la misma cantidad de árboles, evitando de esta forma inducir sesgo en los resultados.

Para el ensayo de clones, los resultados se presentan de manera descriptiva, mediante un cuadro que permite visualizar el total de árboles no atacados por procedencia y por clon. En este caso no se realizó análisis estadístico, ya que además de contar con pocos datos, el porcentaje de árboles no atacados es relativamente bajo (20% como máximo en 10 árboles). Es importante considerar que tres clones (2003-4, 2005-2 y 1998-x) presentaron 9 ramets, mientras que el clon 2012-2 presentó solo 6.

### 3.1.3 Frecuencia de ataques

El registro de esta variable permitió conocer el total de oportunidades en que se presentaron ataques de *H. grandella* en los árboles del ensayo.

Para el efecto se definió como **árbol atacado**, todo aquel individuo que presentó los síntomas característicos del ataque de *H. grandella* (ver descripción del ataque y daños de *H. grandella* en Revisión de Literatura).

La frecuencia de ataques se registró utilizando valores de 1 para presencia y 0 para ausencia. Con base en los datos recolectados fue posible conocer la frecuencia con que se presentó el ataque de *H. grandella* en los tratamientos. El interés principal es el de identificar aquellos genotipos con frecuencias de ataques más bajas.

### 3.1.4 Intensidad de ataques

Esta variable se analizó en función del número total de ataques registrados por parcela (en el ensayo de clones) y el promedio de ataques por parcela (en el ensayo de procedencias y familias). Para

el efecto se contabilizó el total de ataques por árbol al final de la evaluación. En cada lectura los ataques nuevos se marcaron con pintura fosforescente para evitar su registro en lecturas posteriores.

### 3.1.5 Capacidad de recuperación

Esta variable permitió evaluar la respuesta de los árboles al ataque de *H. grandella*. La misma se definió en función del vigor y dominancia que se presentó entre los brotes que emergieron después de la pérdida del brote apical. Para el efecto, se consideraron los datos relativos a la última lectura de los ensayos.

Esta variable se registró de acuerdo a categorías establecidas mediante observaciones en árboles previamente atacados, en el ensayo de procedencias y familias en San Carlos, en el que se comprobó la presencia de ataques.

Las categorías definidas para evaluar la recuperación fueron:

3 = cuando se observó un solo brote.

2 = cuando se presentó un brote que dominaba sobre los otros.

1 = cuando ningún brote dominaba claramente sobre otros.

0 = cuando no se presentó recuperación después del ataque.

En este estudio se consideró como "dominante" aquel brote que presentó una altura superior en 100% o más respecto a los otros brotes. Si no se determinó la presencia de ataque, la variable recuperación se registró como dato perdido, dado que para los análisis no se tomó en cuenta a individuos libres de ataques.

El interés principal para evaluar esta variable, es identificar aquellos genotipos que presenten una recuperación de categoría superior, principalmente 3, es decir con una fuerte dominancia apical.

### 3.2 Análisis estadístico

Las variables altura total (cm), porcentaje de árboles no atacados, frecuencia de ataques e intensidad de ataques, fueron evaluadas mediante análisis de varianza (ANDEVA). Para el efecto se utilizó el procedimiento PROC GLM (General Linear Model) de SAS, la prueba de F para determinar diferencias entre tratamientos, así como la prueba de rangos múltiples de Duncan para identificar las diferencias entre tratamientos.

En el caso de la variable "árboles no atacados" (en el ensayo de

procedencias y familias en San Carlos), los datos se registraron como porcentajes de conteos, y se transformaron como  $\arcseno(\sqrt{x/100})$ , para su análisis.

Los datos de frecuencia e intensidad de ataques, que fueron registrados en base a conteos, se transformaron como  $\sqrt{x+0.5}$ .

Para la variable intensidad de ataques en el ensayo de clones, el análisis se aplicó sobre el total acumulado de ataques registrados durante el período de evaluación. El total de ataques por tratamiento se obtuvo de la sumatoria de ataques contabilizados por mes.

En relación al ensayo de procedencias, el análisis se realizó sobre el total acumulado del promedio de ataques por parcela. Para el efecto se sumó el promedio ponderado de ataques de acuerdo al número de árboles por parcela en cada lectura.

Para evaluar la recuperación, se utilizó la Prueba de Friedman para diseños de bloques aleatorios, por medio de la cual se transformaron los valores categóricos a rangos dentro de los bloques. Estos rangos fueron analizados posteriormente mediante un análisis de varianza (PROC GLM de SAS), prueba de F, y comparación con la prueba de Duncan. Asimismo, se elaboraron tablas de frecuencia, mediante el procedimiento PROC FREQ de SAS, para conocer el patrón de recuperación de los genotipos respecto a las categorías de recuperación.

Con el fin de obtener alguna explicación sobre al comportamiento de los genotipos evaluados en los ensayos, se hizo un análisis de correlación, para determinar el grado de asociación entre las variables altura, frecuencia, intensidad de ataques y recuperación. Para el efecto se utilizó el procedimiento PROC CORR de SAS.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION

## A. ENSAYO DE PROCEDENCIAS Y FAMILIAS

## 1. ALTURA TOTAL (cm)

## 1.1 Variación entre procedencias

En el Cuadro 5 se presentan los valores promedio de altura a la edad de 20 meses para las procedencias de *C. odorata* evaluadas en el ensayo.

CUADRO 5. Altura media (cm) por procedencia. San Francisco La Palmera, San Carlos.

PROCEDENCIA	ALTURA (cm)	Duncan*
UPALA	241.40	a
SAN CARLOS	204.84	b
VENEZUELA	187.71	b c
PACIFICO SUR	174.14	c d
TALAMANCA	164.01	c d e
GUAPILES	159.75	d e
COBANO	140.83	e f
CARMONA	126.22	f
CAÑAS	120.76	f g
HOJANCHA	101.71	g
F=36.69 p=0.0001 media=157.24 cm		

\* Letras diferentes indican diferencias significativas al 0.05

Los resultados del análisis de varianza muestran la existencia de diferencias altamente significativas entre procedencias ( $p=0.0001$ ).

A la edad de 20 meses y bajo las condiciones de este sitio, UPALA muestra el mejor promedio en altura con 241.40 cm (IMA = 1.45 m/año), superando en 17.8% (36.6 cm) a la procedencia local SAN CARLOS y en 186.8% (84.16 cm) a la media del ensayo. Asimismo, UPALA es superior en 24% al promedio de las cinco mejores procedencias (194.42 cm) y en 25% al promedio de las procedencias de la zona atlántica (UPALA, SAN CARLOS, GUAPILES y TALAMANCA).

La procedencia local SAN CARLOS, supera en 5% al promedio de las cinco mejores procedencias, y en 1% al promedio de las procedencias de la zona atlántica.

En relación a UPALA, su superioridad sobre las otras procedencias (inclusive sobre la procedencia local SAN CARLOS), puede considerarse como una mejor respuesta a las condiciones del sitio. En tanto que para las demás procedencias, posiblemente las condiciones de este sitio sean adversas a su desarrollo.

La procedencia HOJANCHA presenta el promedio de altura más bajo (101.71 cm), siendo superada en 237% (139.69 cm) por la mejor procedencia (UPALA). A pesar de ser esta procedencia la de menor crecimiento, no muestra diferencias tan grandes respecto a las demás procedencias de la zona seca de Costa Rica, pues presenta una diferencia de 17% (20.67 cm) respecto al promedio de estas.

Las procedencias de la zona atlántica del país tienen una altura promedio de 192.5 cm, mientras que para las procedencias de la zona seca, el promedio es de 122.38 cm. A los 20 meses, las procedencias del atlántico son superiores en 57% en altura respecto a las de la zona seca.

Cornelius (1995) evaluó en este mismo ensayo el comportamiento en altura de tres procedencias de la zona atlántica (SAN CARLOS, TALAMANCA y GUAPILES), y tres procedencias de la zona seca (CAÑAS, HOJANCHA y CARMONA). Este autor determinó que a los 13 meses las procedencias de la zona atlántica fueron superiores en 27% a las procedencias de la zona seca. En este caso, a los 20 meses, entre estas mismas procedencias la diferencia en altura aumentó a 52%, favoreciendo a las procedencias del atlántico.

## 1.2 Variación entre familias

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre familias ( $p=0.0001$ ). En este caso el promedio en altura para el ensayo es de 157.24 cm. En el Cuadro 6 se presentan los promedios de altura para las familias evaluadas. Debido al alto número de familias (41), el Cuadro 6 se presenta dividido en dos secciones; en la sección izquierda se presentan aquellas familias con altura superior al promedio del ensayo, y en la sección derecha las familias con valores inferiores a este promedio.

CUADRO 6. Altura media (cm) por familia. San Francisco La Palmera.

FAMILIA	ALTURA (cm)	DUNCAN*	FAMILIA	ALTURA (cm)	DUNCAN*
Sancarlos21	260.55	a	Cobano207	155.93	defghi
Upala139	260.50	a	Cobano206	154.54	defghij
Upala134	235.17	a	Cobano202	149.92	defghijk
Upala133	234.89	a	Guapiles102	149.41	defghijkl
Venezuela3	233.08	a	Sancarlos2	147.72	defghijkl
Sancarlos19	225.32	ab	Talamanca108	146.41	defghijkl
Sancarlos18	217.63	abc	Carmona7	141.04	defghijklm
Pacificosur214	189.59	bcd	Guapiles103	140.31	defghijklm
Guapiles105	175.69	cde	Canas1	138.12	defghijklm
Talamanca110	174.12	cde	Carmona5	137.05	defghijklm
Talamanca112	169.54	cdef	Canas14	135.83	defghijklm
Guapiles104	169.27	cdef	Cobano203	134.81	defghijklm
Pacificosur215	167.46	cdefg	Canas15	130.24	defghijklm
Guapiles101	167.46	cdefg	Cobano201	123.91	efghijklm
Venezuela1	166.77	cdefg	Carmona10	114.86	fghijklm
Talamanca111	166.43	cdefg	Hojancha13	113.11	ghijklm
Talamanca109	164.04	defgh	Hojancha3	109.76	hijklm
Sancarlos22	163.85	defgh	Carmona6	109.11	ijklm
			Canas17	101.92	ijklm
			Hojancha11	100.18	jklm
			Hojancha12	99.48	klm
			Canas16	94.90	lm
			Hojancha4	88.88	m
F=13.92 p=0.0001 media=157.24 cm					

La familia Sancarlos21, presentó el mayor promedio en altura con 260.55 cm (IMA=1.56 m/año). Al igual que Sancarlos21, las familias Upala139, Upala134, Upala133, Venezuela3, Sancarlos19 y Sancarlos18, presentan los mejores promedios en altura, y son estadísticamente similares. Las condiciones del sitio, de hecho son mejores para la familia Sancarlos21 por ser local; sin embargo, han favorecido en buen grado a todas las familias de la procedencia UPALA, pues estas se ubican solo por debajo de Sancarlos21, que supera en 6.5% (17.03 cm) al promedio de éstas.

El promedio en altura de Sancarlos21, es superior en 9.4% al promedio de las mejores siete familias (238.16 cm), y superior en 6.4% al promedio de las 5 mejores.

Si se considera como base de comparación el promedio del ensayo, las familias que pertenecen a la zona atlántica del país son las que lograron una mejor adaptación al sitio al ubicarse sobre este promedio. Abajo del promedio del ensayo se ubican, con algunas excepciones (Guápiles102, Sancarlos2, Talamanca108 y Guápiles103), las familias originarias de la zona seca de Costa Rica.

La familia Hojancha4 presenta el menor promedio en altura (88.88 cm), siendo superada en 193% por la mejor familia (Sancarlos21) y en 77% por el promedio del ensayo (157.24 cm).

Los mejores crecimientos en altura son para las familias Sancarlos21 y Upala139 (1.56 m/año en ambos casos). Estos crecimientos son superiores a los reportados por Castaign (1982) para la región de Santa Clara, en San Carlos. Este autor informa de incrementos en altura de 1.22 m/año para plantaciones realizadas con material local de cedro, con base en una altura de 18 metros y una edad de 14 años. Este dato presenta un comportamiento similar a la procedencia SAN CARLOS que tiene un incremento de 1.23 m/año.

### 1.3 Variación de familias dentro de procedencias

Ya que el interés principal es identificar genotipos que presenten un comportamiento superior, se discute sobre aquellas procedencias que muestran un mejor promedio. Tales procedencias son UPALA, SAN CARLOS, VENEZUELA, PACIFICO SUR y TALAMANCA (ver sección 1.1 Variación entre procedencias).

De estas procedencias, SAN CARLOS es la única que presenta, de acuerdo al análisis de varianza, diferencias entre sus familias. El análisis de varianza indica que entre las familias de las procedencias UPALA ( $p=0.9201$ ), VENEZUELA ( $p=0.0921$ ), PACIFICO SUR ( $p=0.3955$ ), TALAMANCA ( $p=0.4743$ ) y GUAPILES ( $p=0.1049$ ), no existen tales diferencias.

Los promedios en altura para las familias dentro de la procedencia SAN CARLOS se presentan a continuación en el Cuadro 7.

CUADRO 7. Altura media (cm) por familia en la procedencia SANCARLOS. San Francisco La Palmera.

FAMILIA	ALTURA (cm)	DUNCAN*
Sancarlos21	260.55	a
Sancarlos19	225.32	a
Sancarlos18	217.63	a
Sancarlos22	163.85	b
Sancarlos2	147.72	b
F=13.77 p=0.0001 media=204.84 cm		

El análisis de varianza muestra la existencia de diferencias altamente significativas entre familias ( $p=0.0001$ ). Las familias Sancarlos21, Sancarlos19 y Sancarlos18 presentan los mayores promedios de altura. Entre estas familias, Sancarlos21 presenta el mayor promedio con 260.55 cm, superando en 15.6% a Sancarlos19 y en 19.7% a Sancarlos18.

La familia Sancarlos2 es la que presenta el promedio de altura más bajo con 147.72 cm, el cual se encuentra por debajo del promedio del ensayo (157.24 cm). La familia Sancarlos2, es superada en 76% por la mejor familia (Sancarlos21).

## 2. PORCENTAJE DE ARBOLES NO ATACADOS

### 2.1 Variación entre procedencias

El porcentaje de árboles no atacados por procedencia se presenta en el Cuadro 8. De acuerdo al análisis de varianza, hay diferencias altamente significativas en el porcentaje de árboles no atacados entre procedencias ( $p=0.0001$ ).

CUADRO 8. Porcentaje de árboles no atacados por procedencia. San Francisco La Palmera.

FAMILIA	ARBOLES NO ATACADOS (%)	Duncan*
HOJANCHA	36.12	a
CANAS	29.50	a
CARMONA	27.90	ab
COBANO	16.22	bc
VENEZUELA	14.36	c
SAN CARLOS	7.40	c
GUAPILES	5.72	c
TALAMANCA	5.60	c
PACIFICO SUR	5.10	c
UPALA	2.12	c
F=10.23 p=0.0001 media=16.5%		

El mayor porcentaje de árboles no atacados se presenta entre las procedencias de la zona seca, en tanto que las procedencias de la zona atlántica tienen porcentajes más bajos, es decir mayor cantidad de árboles atacados por *H. grandella*.

Las procedencias de la zona seca presentan un promedio de 27.43% árboles no atacados, mientras que las procedencias de la zona atlántica 4.63%. En este caso, se manifiesta claramente el hecho de una menor susceptibilidad al ataque de *H. grandella* por las procedencias de la zona seca del país.

La procedencia HOJANCHA tiene el porcentaje de árboles no atacados más alto con 36.12%, el cual es un tercio mayor que el promedio de las cuatro mejores procedencias, y supera en dos veces al promedio del ensayo. Respecto a la procedencia local SAN CARLOS, la procedencia HOJANCHA muestra una diferencia mayor al 300%.

UPALA, la procedencia de mayor promedio en altura, presenta 2.12% árboles no atacados, es decir que el 98% fueron atacados. Esto muestra una alta susceptibilidad al ataque de *H. grandella* en la procedencia UPALA. Esta es la tendencia general en las procedencias de la zona atlántica del país. Las procedencias que presentaron árboles más altos, fueron más propensas al ataque de *H. grandella*. En

este sentido Cornelius (1996<sup>4</sup>), menciona que se esperarían más ataques a un árbol grande, si presenta más sitios atractivos que un árbol pequeño.

## 2.2 Variación entre familias

En el Cuadro 9 se presentan los valores promedio de árboles no atacados para las diferentes familias evaluadas.

CUADRO 9. Porcentaje de árboles no atacados por familia. San Francisco La Palmera.

FAMILIA	ARBOLES NO ATACADOS (%)	DUNCAN *	FAMILIA	ARBOLES NO ATACADOS (%)	DUNCAN *
Hojancha11	53.40	a	Cañas1	10.20	efg
Cañas17	50.20	ab	Upala139	8.50	efg
Cañas16	46.80	abc	Guápiles102	8.40	fg
Hojancha4	41.70	abcd	Guápiles105	8.40	fg
Carmona5	37.22	abcde	Pacíficosur215	6.80	fg
Hojancha13	31.56	abcdef	Guápiles101	6.80	fg
Cobano202	30.00	abcdefg	Sancarlos22	6.80	fg
Cobano206	28.57	abcdefg	Cobano201	5.56	fg
Carmona10	28.50	abcdefg	Guápiles104	5.00	fg
Hojancha3	28.40	abcdefg	Talamanca109	3.40	fg
Sancarlos2	26.80	abcdefg	Sancarlos19	3.40	fg
Carmona6	25.10	bcdefg	Pacíficosur214	3.40	fg
Hojancha12	25.10	bcdefg	Talamanca108	3.40	fg
Cañas14	21.90	cdefg	Talamanca111	3.40	fg
Carmona7	21.70	cdefg	Cobano207	0.00	g
Venezuela1	20.10	cdefg	Guápiles103	0.00	g
Cobano203	20.00	cdefg	Sancarlos21	0.00	g
Cañas15	18.40	defg	Upala133	0.00	g
Talamanca110	17.80	defg	Upala134	0.00	g
			Sancarlos18	0.00	g
			Talamanca112	0.00	g
			Venezuela3	0.00	g

F=3.69 p=0.0001 CV= 143.36% m=16.55%

El efecto de las familias en relación a la proporción de árboles no atacados es altamente significativo ( $p=0.0001$ ). El factor procedencia incide directamente, pues entre las familias con promedios más altos están las de HOJANCHA (mejor procedencia).

<sup>4</sup> J.P. Cornelius. Comunicación personal, 1996.

En este caso, la mejor familia es Hojancha11 con 53.4% de árboles libres de ataques. El promedio de esta familia es superior en 16% al promedio de las mejores cinco familias (45.8%). En relación al promedio del ensayo, Hojancha11 es mejor en más de 200%.

Las familias Cóbano207, Guápiles103, Sancarlos21, Upala133, Upala134, Sancarlos18, Talamanca112 y Venezuela3, fueron atacadas en su totalidad. Esto indica claramente que estas familias son altamente susceptibles al ataque de *H. grandella*, bajo las condiciones del presente estudio. A nivel de familias no se observó una diferencia tan marcada para las zona atlántica y seca; sin embargo, los 10 promedios más altos, son de familias de la zona seca.

Es importante considerar que a pesar de que estos promedios dentro del ensayo se consideran altos, es un dato relativo. Si se toma en cuenta que el mejor porcentaje es de 50%, quiere decir el 50% restante fue atacado al menos una vez. En ese caso, si cada ataque representa un daño permanente al árbol, las implicaciones futuras en términos de rendimiento y valor económico, pueden ser altamente riesgosas con árboles malformados y de baja calidad. En el Cuadro 1a del Anexo, se identifican los árboles, que al final de la evaluación (julio de 1996), no habían sido atacados.

En plantaciones de cedro de 20 meses de edad, en Colombia, Vega (1987) reporta entre 19 y 63% de árboles atacados (81 y 37% no atacados), bajo diferentes asociaciones agroforestales.

En una evaluación de plantaciones de *C. odorata* y *S. macrophylla*, Sliwa (1968) reporta porcentajes de árboles atacados desde 0% hasta 89% (100% y 11% de árboles no atacados), para diversos sitios de Costa Rica. Es decir que entre estos sitios existe una alta variabilidad respecto a la susceptibilidad al ataque de *H. grandella*. Los sitios en los que el porcentaje de árboles no atacados es de 0, se ubican en la zona seca de Costa Rica.

### 2.3 Variación de familias dentro de procedencias

De acuerdo al análisis de varianza, las siguientes procedencias no presentan diferencias entre sus familias: CARMONA ( $p=0.3566$ ), COBANO ( $p=0.2410$ ), GUAPILES ( $p=0.6200$ ), HOJANCHA ( $p=0.2454$ ), PACIFICO SUR ( $p=0.5911$ ), UPALA ( $p=0.3164$ ) y VENEZUELA ( $p=0.3910$ ). Las siguientes procedencias presentan diferencias entre sus familias.

### a. CAÑAS

Dentro de la procedencia CAÑAS se presentan diferencias altamente significativas entre familias (0.0086). El porcentaje de árboles no atacados por familia se presenta en el Cuadro 10.

CUADRO 10. Porcentaje de árboles no atacados para las familias de la procedencia CAÑAS. San Francisco La Palmera.

FAMILIA	ARBOLES NO ATACADOS %	Duncan*
Cañas17	50.20	a
Cañas16	46.80	a
Cañas14	21.90	a
Cañas15	18.40	b
Cañas1	10.20	b
F=4.01 p=0.0086 media=29.5%		

\* Letras diferentes indican diferencias significativas al 0.05

Según se aprecia en el cuadro anterior, las familias Cañas16 y Cañas17 presentan los mayores porcentajes de árboles no atacados. A nivel de familias para todo el ensayo, éstas presentan el segundo y tercer mejor valor, superadas únicamente por la familia Hojancha11, todas de la zona seca del país.

### b. SAN CARLOS

Entre las familias de la procedencia SAN CARLOS, el análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas ( $p=0.0072$ ). El porcentaje para estas familias se presentan en el Cuadro 11.

CUADRO 11. Porcentaje de árboles no atacados para las familias de la procedencia SAN CARLOS. San Francisco La Palmera.

FAMILIA	ARBOLES NO ATACADOS %	Duncan*
Sancarlos2	26.80	a
Sancarlos22	6.80	b
Sancarlos19	3.40	b
Sancarlos21	0.00	b
Sancarlos18	0.00	b
F=4.16 p=0.0072 media=7.4%		

La familia Sancarlos2 presenta el mayor porcentaje de árboles no atacados (26.8%), claramente superior a las demás familias de esta procedencia. A nivel general de familias en el ensayo, es la única familia de la procedencia SAN CARLOS que presenta un porcentaje arriba del promedio; sin embargo, se mantiene muy por debajo de las mejores familias.

### 3. FRECUENCIA DE ATAQUES

#### 3.1 Variación entre procedencias

De acuerdo al análisis de varianza, existen diferencias altamente significativas entre procedencias ( $p=0.0001$ ). En el Cuadro 12 se presentan los valores medios para frecuencia de ataques por procedencia. Las frecuencias se presentan en orden ascendente, pues el interés principal se centra en identificar aquellas con frecuencias de ataques bajas, es decir que fueron atacadas en menor número de oportunidades durante el periodo de evaluación. En términos de resistencia, estas procedencias fueron menos susceptibles que el resto.

CUADRO 12. Frecuencia promedio de ataques por procedencia. San Francisco La Palmera.

PROCEDENCIA	FRECUENCIA DE ATAQUES	Duncan*
HOJANCHA	1.90	d
CAÑAS	2.22	dc
CARMONA	2.28	dc
COBANO	2.76	c
VENEZUELA	3.50	b
PACIFICO SUR	4.80	a
SAN CARLOS	5.02	a
TALAMANCA	5.26	a
GUAPILES	5.34	a
UPALA	5.50	a
F=44.67 p=0.0001 media=3.8		

\* Letras diferentes indican diferencias significativas al 0.05

Las procedencias HOJANCHA, CAÑAS, CARMONA y COBANO (todas de la zona seca), son las que en promedio presentan menor frecuencia de ataques, es decir que en promedio fueron atacadas en menor número de oportunidades que las otras procedencias. En este caso, la procedencia HOJANCHA es la que en promedio presenta el valor más bajo (fue atacada 1.9 veces), aproximadamente 2 veces menos que el promedio del ensayo (3.8), y 3.6 menos que la procedencia con el promedio más alto (UPALA), es decir, que fue atacada en mayor número de oportunidades. El promedio de la mejor procedencia (HOJANCHA), es mejor en 28% que al promedio de las cuatro mejores procedencias (2.43).

Considerando el promedio del ensayo como base de comparación, se observan dos grupos bien diferenciados (sobre y bajo el promedio), según se aprecia en el Cuadro 12. Por debajo del promedio se ubican las procedencias HOJANCHA, CAÑAS, CARMONA, COBANO y VENEZUELA. De estas, excluyendo a la procedencia VENEZUELA, todas pertenecen a la zona del pacífico seco. Mientras que las procedencias que presentan valores arriba del promedio pertenecen a la zona atlántica, a excepción de la procedencia PACIFICO SUR.

En este caso, las procedencias de la zona seca, presentan menor susceptibilidad al ataque de *H. grandella* al tener los promedios más bajos en frecuencia de ataques. El promedio de estas procedencias

(2.29) es menor en 130% que el promedio de las procedencias del atlántico (5.28).

### 3.2 Variación entre familias

En relación a la frecuencia de ataques a nivel de familias, el análisis de varianza determinó la existencia de diferencias altamente significativas entre las mismas ( $p=0.0001$ ).

En el Cuadro 13 se presentan los promedios para las frecuencias de ataques de las familias evaluadas. Considerando como base de comparación el promedio del ensayo (3.76), se presentan las familias con frecuencias abajo del promedio en la parte izquierda, mientras que las familias con frecuencias superiores al promedio se presentan a la derecha.

CUADRO 13. Frecuencias de ataques por familia. San Francisco La Palmera.

FAMILIA	FRECUENCIA DE ATAQUES	DUNCAN*	FAMILIA	FRECUENCIA DE ATAQUES	DUNCAN*
Hojancha11	1.10	j	Venezuela3	4.00	fedc
Cañas16	1.30	ji	Talamanca110	4.40	edcb
Cañas17	1.50	jih	Sancarlos19	4.60	dc b
Carmona5	1.78	jihg	Pacificosur215	4.60	dc b
Hojancha4	1.80	jihg	Sancarlos22	4.80	cb
Hojancha12	2.00	jihg	Guápiles102	4.90	cb
Carmona10	2.00	jihg	Upala139	5.00	cb
Hojancha13	2.22	jihg	Pacificosur214	5.00	cb
Hojancha3	2.40	jihg	Guápiles104	5.20	cba
Cañas1	2.50	jihgf	Guápiles105	5.30	cba
Cobano202	2.60	jihgf	Talamanca108	5.30	cba
Carmona7	2.60	jihgf	Talamanca109	5.40	cba
Cobano201	2.67	jihgf	Guápiles101	5.50	cba
Carmona6	2.70	ihgf	Upala134	5.50	cba
Cobano203	2.80	ihgf	Talamanca112	5.50	cba
Cobano207	2.88	ihgf	Talamanca111	5.70	ba
Cobano206	2.86	ihgf	Guápiles103	5.80	ba
Cañas15	2.89	ihgf	Sancarlos18	5.80	ba
Cañas14	3.00	hgfe	Upala133	5.83	ba
Sancarlos2	3.30	g fed	Sancarlos21	6.60	a
Venezuela1	3.30	g fed			

F=11.76 p=0.0001 media=3.79

En cuanto a la mejor familia, es decir aquella que fue atacada en menor número de oportunidades, Hojancha11 presenta una frecuencia de 1.1, que estadísticamente no es diferente de las cinco familias con mejores promedios Cañas16, Cañas17, Carmona5 y Hojancha4, las que en promedio presentan una frecuencia de 1.5. La familia Hojancha11 presenta una diferencia de 36% con el promedio de las mejores cinco familias, y de 240% respecto al promedio del ensayo.

Las familias presentan una tendencia similar al comportamiento de sus respectivas procedencias, pues todas las familias del pacífico seco de Costa Rica son menos susceptibles al ataque de *H. grandella*, ya que fueron atacadas en menor número de oportunidades. En cuanto a las familias originarias de la zona atlántica, con excepción de la familia Sancarlos2 (3.3), todas presentan valores medios superiores al promedio del ensayo. Esto indica que para las condiciones del atlántico de Costa Rica y del sitio en particular, los genotipos originarios de esta zona presentan mayor susceptibilidad al ataque de *H. grandella* que los de la zona seca.

### 3.3 Variación de familias dentro de procedencias

Ya que es de interés identificar genotipos con las frecuencias de ataques más bajas, se presentan y discuten aquellas procedencias que tienen diferencias entre sus familias.

La procedencia HOJANCHA presentó la mejor respuesta en relación a la frecuencia de ataques (1.9), y de acuerdo al análisis de varianza entre sus familias, no se detectó diferencias ( $p=0.1711$ ). Al igual que para HOJANCHA, el análisis de varianza para las familias de la procedencias CARMONA ( $p=0.1503$ ), COBAND ( $p=0.9717$ ) y VENEZUELA ( $p=0.6261$ ), no muestran diferencias. En el Cuadro 13, se pueden observar los valores promedio para estas familias.

#### a. CAÑAS

Entre las familias de la procedencia CAÑAS, el análisis de varianza muestra la existencia de diferencias altamente significativas ( $p=0.0001$ ). En el Cuadro 14, se observan los valores medios para las frecuencias de ataques para estas familias.

CUADRO 14. Frecuencias de ataques para las familias de la procedencia CAÑAS. San Francisco La Palmera.

FAMILIA	FRECUENCIA DE ATAQUES	DUNCAN*
Cañas16	1.300	b
Cañas17	1.500	b
Cañas1	2.500	a
Cañas15	2.889	a
Cañas14	3.000	a
F=8.36 p=0.0001 media=3.8		

Las familias Cañas16 y Cañas17 presentan los promedios más bajos para frecuencias de ataques. Las familias Cañas1, Cañas15 y Cañas14, a pesar de ser inferiores tienen promedio más bajo que el promedio del ensayo (3.8).

Es interesante observar que las familias Cañas16 y Cañas17, además de presentar las mejores frecuencias de ataques (más bajas), presentan porcentajes de árboles no atacados más altos, lo que indica que al haber menor disponibilidad de árboles hospederos de cedro, la frecuencia de ataques se reduce.

#### 4. INTENSIDAD DE ATAQUES

Durante el período de evaluación se registró en este ensayo un total de 4117 ataques. Los ataques se distribuyeron durante el período de estudio (diciembre 1995 - julio 1996) según se observa en el Cuadro 15.

CUADRO 15. Intensidad y distribución de ataques durante el periodo de estudio a nivel del ensayo. San Francisco La Palmera.

MES	ATAQUES	%
Diciembre	841	20.43
Enero	432	10.49
Febrero	73	1.77
Marzo	547	13.28
Abril	636	15.44
Mayo	547	13.29
Junio	575	13.97
Julio	466	11.32
TOTAL	4117	100.00

De acuerdo a los datos del cuadro anterior, a nivel del ensayo se observa un leve incremento en la intensidad de ataques en el mes de abril; sin embargo, posiblemente por la heterogeneidad en tamaño de los árboles en el ensayo, no se observa una tendencia más clara respecto a esta variable.

Autores como Roovers (1971) y Howard (1992) reportan incrementos de la actividad de *H. grandella* durante los periodos de máxima intensidad lluviosa. Para el área del ensayo no existen datos meteorológicos confiables ni actualizados que permitan comparar dicha referencia para el sitio del ensayo.

En diciembre se observa una intensidad de ataques superior a los otros meses, pues en esta lectura se contabilizaron ataques de ese mes y ataques viejos acumulados durante un tiempo desconocido anterior a diciembre de 1995.

#### 4.1 Variación entre procedencias

El efecto de las procedencias es significativo en la intensidad de ataques, pues el análisis de varianza indica la existencia de diferencias altamente significativas entre las mismas ( $p=0.0001$ ).

En el Cuadro 16, se presentan en orden ascendente los valores promedios de intensidad de ataques por procedencia.

CUADRO 16. Intensidad de ataques por procedencia.  
San Francisco La Palmera.

PROCEDENCIA	INTENSIDAD DE ATAQUES	Duncan*
HOJANCHA	1.48	d
CARMONA	1.74	d
CAÑAS	1.98	d
COBANO	2.47	d
VENEZUELA	3.75	c
PACIFICO SUR	4.98	b
SAN CARLOS	5.78	b
GUAPILES	5.87	b
TALAMANCA	6.11	b
UPALA	7.38	a
F=49.52 p=0.0001 media=4.09		

De manera similar a la frecuencia de ataques, las procedencias HOJANCHA, CAÑAS, CARMONA y COBANO, presentan los promedios más bajos en relación a la intensidad de ataques, es decir que tienen una menor susceptibilidad al ataque de *H. grandella*, pues en promedio presentan menos ataques. El promedio para el ensayo es de 4.09 ataques, mientras que el promedio para las mejores cuatro procedencias (todas de la zona seca) es de 1.92 ataques, es decir 2.17 ataques menos, para una diferencia en intensidad de 113%.

La procedencia HOJANCHA sobresale al presentar en promedio la menor intensidad de ataques. Este promedio es mejor en 30% que el promedio de las mejores cuatro procedencias, y 75% al promedio de la procedencia local SAN CARLOS.

El comportamiento de las procedencias de la zona seca del país, se manifiesta de manera similar que para las frecuencias de ataques, al presentar los menores promedios. Esto indica que una menor frecuencia de ataques se relacionó con una menor intensidad.

Las procedencias de la zona atlántica de Costa Rica, aunque son superiores en altura, presentan los promedios más altos en intensidad de ataques, es decir que son más susceptibles; asimismo, presentan las mayores frecuencias y porcentaje de árboles atacados.

A este respecto, Gara et al. (1975), indican que los árboles de rápido crecimiento, al producir más hojas tiernas, están más propensos

a ser atacados; mientras aquellos árboles de crecimiento más lento, tendrán una tasa de producción de follaje menor.

El promedio de las procedencias de la zona seca del país es de 1.92 ataques, mientras que el promedio para las procedencias de la zona atlántica es de 6.28. Entre estos dos grupos existe una diferencia de 4.58 ataques, que equivale a un 70% de diferencia en intensidad.

La procedencia UPALA, que mostró la mayor altura (260.55 cm), tiene el promedio para intensidad de ataques más alto (7.4), y de igual manera el promedio más alto para frecuencias de ataques (5.5); esto puede significar una mayor susceptibilidad al ataque de *H. grandella*, mediante una relación directa entre altura y frecuencia e intensidad de ataques.

Para los primeros 20 meses, las procedencias PACIFICO SUR y VENEZUELA, no tienen un comportamiento relevante, pues sus promedios se encuentran muy cercanos al promedio del ensayo.

En este sentido Grijpma (1976), indica que las diferencias en susceptibilidad pueden ser reflejo de la variación en la producción de atrayentes químicos, lo cual estaría en función de los genotipos y las condiciones del sitio de origen de éstos. De acuerdo lo anterior, la producción de dichos compuestos dependerá de la adaptación y desarrollo de las plantas al nuevo sitio, y a la adaptación de las razas locales de *H. grandella* al nuevo material.

#### 4.2 Variación entre familias

En el Cuadro 17, se presentan los promedios de intensidad de ataques por familia. El análisis de varianza muestra la existencia de diferencias altamente significativas entre familias ( $p=0.0001$ ).

CUADRO 17. Intensidad de ataques por familia. San Francisco La Palmera.

FAMILIA	INTENSIDAD DE ATAQUES	DUNCAN*	FAMILIA	INTENSIDAD DE ATAQUES	DUNCAN*
Cañas16	0.80	k	Sancarlos19	4.79	ihgfedc
Cañas17	0.85	kj	Pacificosur215	4.86	hgfedc
Carmona5	1.00	kj	Sancarlos22	4.93	hgfedc
Hojancha11	1.05	kj	Venezuela3	5.08	gfedc
Hojancha4	1.26	kj	Pacificosur214	5.10	gfedc
Hojancha12	1.28	kj	Talamanca109	5.48	edc
Carmona6	1.65	kj	Talamanca108	5.63	edc
Carmona10	1.73	kj	Guápiles101	5.67	edc
Hojancha13	1.82	kj	Guápiles102	5.75	dc
Cobano201	1.96	kj	Guápiles105	5.89	dc
Hojancha3	1.96	kj	Upala139	5.92	dc
Cañas14	2.18	kj	Guápiles104	5.97	dc
Cobano206	2.31	kji	Guápiles103	6.07	dc
Cañas15	2.48	kjih	Talamanca111	6.14	c
Cobano203	2.54	kjihg	Talamanca110	6.52	cb
Sancarlos2	2.56	kjihg	Talamanca112	6.79	cb
Carmona7	2.56	kjihg	Upala134	6.89	cb
Cobano202	2.91	kjihg	Sancarlos18	7.00	cb
Cobano207	3.00	kjihg	Upala133	8.83	ba
Venezuela1	3.18	kjihg	Sancarlos21	9.46	a
Cañas1	3.50	jihge			
F=11.95 p=0.0001 media=4.05					

La familia Cañas16, presenta el promedio más bajo en cuanto a intensidad de ataques con 0.8; sin embargo, estadísticamente no difiere de la mayoría de las familias de la zona seca de Costa Rica (ver cuadro anterior). Estas familias presentan en general mejor respuesta al ataque de *H. grandella*, es decir menor susceptibilidad, pues la intensidad de ataques promedio (1.94) es menor que para las familias del atlántico (6.13), para una diferencia en intensidad de 208% entre ambas.

En relación a las mejores familias, entre el promedio de Cañas16 (0.8) y el promedio de las mejores cinco familias (0.99) existe una diferencia de 23.75%. Respecto al promedio del ensayo (4.05), la diferencia con Cañas16 es de 411%.

Una observación interesante acerca de la familia Sancarlos21, es que a pesar de presentar el mejor promedio en altura, en relación a la frecuencia e intensidad de ataques presenta el promedio más alto. Lo

que indica que para esta etapa del ensayo, se presenta una relación directamente proporcional entre altura y ataques (frecuencia e intensidad).

Sancarlos21, al igual que la mayoría de familias, y en especial de la zona atlántica, presentan alturas dentro de la zona de vuelo reportada para *H. grandella* la cual varía, de acuerdo a varios autores (Roovers 1971 y Vega 1974) de 1.5 a 7 metros. Además, el ensayo fue evaluado en el segundo año, que es la época en que estos y otros autores reportan como de mayor actividad de *H. grandella*.

#### 4.3 Variación de familias dentro de procedencias

El análisis de varianza indica que para las procedencias COBANO ( $p=0.9385$ ), GUAPILES ( $p=0.9465$ ), HOJANCHA ( $p=0.1112$ ), PACIFICO SUR ( $p=0.7812$ ), TALAMANCA ( $p=0.6423$ ), UPALA ( $p=0.1077$ ) y VENEZUELA ( $p=0.1695$ ), no existen diferencias entre familias.

En este caso se hace énfasis en aquellas procedencias dentro de las que existen diferencias entre familias (CAÑAS, CARMONA y SAN CARLOS).

##### a. CAÑAS

Entre las familias de esta procedencia, existen diferencias altamente significativas ( $p=0.0001$ ). Los valores medios de intensidad de ataques para las familias se presenta en el Cuadro 18.

CUADRO 18. Intensidad de ataques para las familias de la procedencia CAÑAS. San Francisco La Palmera.

FAMILIA	INTENSIDAD DE ATAQUES	Duncan*
Cañas16	0.80	b
Cañas17	0.85	b
Cañas14	2.18	a
Cañas15	2.48	a
Cañas1	3.50	a
F=10.01 p=0.0001 media=1.96		

El análisis de varianza muestra la existencia de diferencias altamente significativas entre las familias de la procedencia CAÑAS.

Dentro de estas familias, Cañas15 y Cañas16 muestran mejor promedio (0.82) que las otras familias (2.72), lo que representa una diferencia de 70% (1.89), entre las mismas.

#### b. CARMONA

Entre las familias de esta procedencia, se observan diferencias significativas ( $p=0.0365$ ). En el Cuadro 19 se presentan los valores medios de intensidad de ataques para las familias de la procedencia CARMONA.

CUADRO 19. Intensidad de ataques para las familias de la procedencia CARMONA. San Francisco La Palmera.

FAMILIA	INTENSIDAD DE ATAQUES	Duncan*
Carmona5	1.00	b
Carmona6	1.65	ba
Carmona10	1.73	ba
Carmona7	2.56	a
F=3.03 p=0.0365 media=1.74		

La familia Carmona5 presenta el promedio más bajo, el cual puede considerarse mejor en 49.5% (0.98 ataques menos) que el promedio de las otras familias. La familia Carmona7, presenta el mayor promedio (2.56 ataques), siendo mayor que las demás en 75%; aunque en relación al promedio del ensayo es menor.

#### c. SAN CARLOS

Las familias de la procedencia SAN CARLOS muestran diferencias altamente significativas entre sí ( $p=0.0001$ ). Los promedios para los valores de intensidad de ataques para estas familias se presenta en el Cuadro 20.

CUADRO 20. Intensidad de ataques para las familias de la procedencia SAN CARLOS. San Francisco La Palmera.

FAMILIA	INTENSIDAD DE ATAQUES	Duncan*
Sancarlos2	2.56	c
Sancarlos19	4.79	b
Sancarlos22	4.93	b
Sancarlos18	7.00	ba
Sancarlos21	9.45	a
F=13.05 p=0.0001 media=5.75		

La familia Sancarlos2 presenta el promedio más bajo en intensidad de ataques, siendo la única en esta procedencia que se encuentra abajo del promedio del ensayo. Sancarlos2, presenta una diferencia de 157% respecto al promedio de las demás familias. La familia Sancarlos21, al igual que en la frecuencia de ataques, presenta el promedio más alto del ensayo.

Newton *et al.* (1992), evaluaron a principios de 1991, un ensayo de procedencias y progenies de *C. odorata* establecido en Florencia Sur, Turrialba, que incluía las procedencias San Carlos, Trinidad, Cañas, Carmona y Hojanca.

Los resultados obtenidos indican que las familias difieren en relación al porcentaje de árboles atacados. El porcentaje más alto (>40%) se registró para la familia 2008 de procedencia Cañas mientras los porcentajes más bajos corresponden a familias de procedencia San Carlos.

En el ensayo evaluado para el presente estudio, aunque se evaluó la proporción de árboles "no atacados", se encontraron resultados diferentes para estas mismas procedencias. En este caso el comportamiento de las procedencias es contrario, ya que Cañas presenta una proporción de 70% de árboles atacados, mientras que para San Carlos es mayor (93%).

En relación a la intensidad de ataques, Newton *et al.* (1992), encontraron a los 8 meses, diferencias entre procedencias y familias dentro de procedencias. Estos autores indican que bajo las condiciones de Florencia Sur (Turrialba) la procedencia San Carlos, se

caracteriza por una baja susceptibilidad a los ataques y una alta tasa de crecimiento.

En este estudio SAN CARLOS presenta un comportamiento diferente, pues la susceptibilidad es alta, aunque mantiene buen crecimiento.

## 5. RECUPERACION

En este caso, podría considerarse a la capacidad de recuperación como la tolerancia de los árboles al ataque de *H. grandella*. En este sentido debe entenderse el término tolerancia como el grado al cual un árbol puede crecer en presencia de una plaga o ambiente adverso reteniendo a pesar de ello su valor económico (Zobel y Talbert 1988). Este valor económico estará en función de la calidad de la troza obtenida, es decir aquella sin defectos severos, y con una forma aceptable y de dimensiones aprovechables.

En este sentido, una capacidad de recuperación mejor, es decir dentro de la categoría 3, representará en el futuro un árbol de mejor calidad.

### 5.1 Variación entre procedencias

El análisis de varianza no mostró diferencias entre procedencias ( $p=0.4261$ ). Los promedios para capacidad de recuperación por procedencia se presentan en el Cuadro 21.

CUADRO 21. Capacidad de recuperación a nivel de procedencias. San Francisco La Palmera.

PROCEDENCIA	RECUPERACION	Duncan*
PACIFICO SUR	1.75	a
VENEZUELA	1.57	a
UPALA	1.50	a
SAN CARLOS	1.46	a
CARMONA	1.46	a
CAÑAS	1.40	a
GUAPILES	1.38	a
TALAMANCA	1.34	a
COBANO	1.28	a
HOJANCHA	1.08	a
F=1.02 p=0.4261 media=1.39		

A pesar de no haber diferencias entre procedencias, es interesante observar que los valores promedios de recuperación se mantienen entre las categorías 1 y 2 (promedio de 1.39). Además, no se observa una clara diferenciación entre las zonas seca y atlántica.

Las procedencias PACIFICO SUR y VENEZUELA, presentan en este caso los promedios más altos, seguidas por UPALA y SAN CARLOS. La recuperación podría considerarse como una mejor respuesta al sitio, pues está ligada al desarrollo de los árboles. Asimismo, HOJANCHA y COBANO, que presentan una capacidad de recuperación relativamente menor, tienen los promedios más bajos en altura; aunque no necesariamente indica una relación directamente proporcional.

El patrón de recuperación entre las procedencias evaluadas se presenta en el Cuadro 22, mediante las frecuencias expresadas dentro de las categorías establecidas.

CUADRO 22. Frecuencias para capacidad de recuperación por procedencia. San Francisco La Palmera.

PROCEDENCIA	RECUPERACION			
	1	2	3	4
CAÑAS	25.53	27.66	27.66	19.15
CARMONA	27.03	27.03	18.92	27.03
COBANO	22.22	36.11	33.33	8.33
GUAPILES	10.00	52.00	28.00	10.00
HOJANCHA	35.00	32.50	22.50	10.00
PACIFICO SUR	5.00	30.00	50.00	15.00
SAN CARLOS	14.00	36.00	40.00	10.00
TALAMANCA	14.00	40.00	44.00	2.00
UPALA	6.25	37.50	56.25	0.00
VENEZUELA	7.14	50.00	21.43	21.43
TOTAL	18.33	36.67	33.06	11.94

Los valores promedios de recuperación de las procedencias evaluadas se pueden explicar en parte si se considera que el 70% de los individuos muestran un patrón de recuperación entre las categorías 1 y 2. Esto indica que estos individuos, responden al ataque de *H. grandella* emitiendo muchos varios brotes, lo que puede provocar en el futura, deformaciones al árbol. Solamente el 12% muestra una recuperación deseable, es decir con un solo brote dominante, que sustituye al eje principal, y continua el desarrollo del árbol.

La procedencia PACIFICO SUR que muestra el promedio más alto de recuperación, presenta un total de 65% en las categorías superiores, aunque solo un 15% con recuperación deseable. En el caso de la procedencia HOJANCHA el 90% de los individuos muestra un patrón de recuperación dentro de las categorías menos deseables, además de que presenta un 35% de árboles sin recuperación.

## 5.2 Variación entre familias

El análisis de varianza no mostró diferencias entre las familias evaluadas ( $p=0.8151$ ), confirmando el comportamiento a nivel de procedencias; aunque el rango de los valores de recuperación es más amplio que para procedencias. En este caso el promedio no sobrepasa la categoría 2, y si presenta valores abajo de 1.

Los valores promedios de recuperación a nivel de familias se presenta a continuación en el Cuadro 23.

CUADRO 23. Capacidad de recuperación a nivel de familias.  
San Francisco La Palmera.

FAMILIA	CAPACIDAD DE RECUP.	DUNCAN *	FAMILIA	CAPACIDAD DE RECUP.	DUNCAN *
Cañas17	2.00	a	Cañas15	1.33	ab
Pacificosur215	1.80	ab	Carmona10	1.33	ab
Cobano202	1.75	ab	Cobano207	1.33	ab
Carmona5	1.70	ab	Guápiles103	1.30	ab
Venezuela1	1.70	ab	Talamanca111	1.30	ab
Talamanca108	1.70	ab	Sancarlos22	1.30	ab
Pacificosur124	1.70	ab	Venezuela3	1.25	ab
Sancarlos18	1.70	ab	Hojancha13	1.22	ab
Guápiles101	1.70	ab	Sancarlos2	1.20	ab
Upala134	1.67	ab	Cañas1	1.20	ab
Sancarlos21	1.60	ab	Guápiles105	1.20	ab
Cobano203	1.60	ab	Carmona7	1.20	ab
Talamanca109	1.60	ab	Cobano201	1.11	ab
Carmona6	1.60	ab	Cañas14	1.10	ab
Guápiles102	1.60	ab	Guápiles104	1.10	ab
Upala139	1.50	ab	Talamanca110	1.10	ab
Sancarlos19	1.50	ab	Talamanca112	1.00	ab
Cañas16	1.37	ab	Hojancha4	1.00	ab
Hojancha12	1.33	ab	Hojancha3	0.90	b
Upala133	1.33	ab	Hojancha11	0.83	b
			Cobano206	0.71	b
F=0.79 p=0.8151 media=1.39					

Aunque en el análisis de varianza no se manifiesten diferencias entre familias, hay algunas que en promedio presentan una mejor capacidad de recuperación, pues la familia Cañas17 (de la zona seca) presenta el promedio más alto.

La capacidad de recuperación no manifiesta una tendencia especial respecto a las procedencias de la zona atlántica y seca, es decir que expresan igual tolerancia a al ataque de *H. grandella*.

A nivel de procedencias y familias, la recuperación mostrada se caracteriza por presentar varios brotes, como respuesta a la pérdida del brote apical. Esto significa que si se mantiene esta tendencia a través del tiempo, estos árboles presentarán una ramificación profusa, que provocará una mala forma, así como una troza de dimensiones no aprovechables y de poco valor.

En el Cuadro 1b del Anexo, se presenta la identificación de los árboles que dentro de las familias presentaban al término del estudio una recuperación de categoría 3, es decir con un solo brote dominante que sustituyó al anterior, y continuó el crecimiento como eje principal.

El patrón de recuperación entre las familias evaluadas se presenta en el Cuadro 24, mediante las frecuencias expresadas dentro de las categorías establecidas.

CUADRO 24. Frecuencias para capacidad de recuperación por familia. San Francisco La Palmera.

FAMILIA	RECUPERACION			
	1	2	3	4
Cañas1	30.00	30.00	30.00	10.00
Cañas14	30.00	30.00	40.00	0.00
Cañas15	11.11	55.56	22.22	11.11
Cañas16	37.50	12.50	25.00	25.00
Cañas17	20.00	10.00	20.00	50.00
Carmona10	44.44	11.11	11.11	33.33
Carmona5	12.50	25.00	37.50	25.00
Carmona6	20.00	30.00	20.00	30.00
Carmona7	30.00	40.00	10.00	20.00
Cobano201	22.22	55.56	11.11	11.11
Cobano202	0.00	25.00	75.00	0.00
Cobano203	20.00	20.00	40.00	20.00
Cobano206	57.14	14.29	28.57	0.00
Cobano207	0.00	66.67	33.33	0.00
Guapiles101	0.00	40.00	50.00	10.00
Guapiles102	10.00	50.00	10.00	30.00
Guapiles103	10.00	50.00	40.00	0.00
Guapiles104	20.00	50.00	30.00	0.00
Guapiles105	10.00	70.00	10.00	10.00
Hojancha11	50.00	33.33	0.00	16.67
Hojancha12	22.22	33.33	33.33	11.11
Hojancha13	44.44	11.11	22.22	22.22
Hojancha3	30.00	50.00	20.00	0.00
Hojancha4	33.33	33.33	33.33	0.00
Pacificosur214	0.00	40.00	50.00	10.00
Pacificosur215	10.00	20.00	50.00	20.00
Sancarlos18	0.00	50.00	30.00	20.00
Sancarlos19	0.00	50.00	50.00	0.00
Sancarlos2	30.00	30.00	30.00	10.00
Sancarlos21	10.00	30.00	50.00	10.00
Sancarlos22	30.00	20.00	40.00	10.00
Talamanca108	0.00	30.00	70.00	0.00
Talamanca109	0.00	40.00	60.00	0.00
Talamanca110	30.00	30.00	40.00	0.00
Talamanca111	10.00	60.00	20.00	10.00
Talamanca112	30.00	40.00	30.00	0.00
Upala133	0.00	66.67	33.33	0.00
Upala134	16.67	0.00	83.33	0.00
Upala139	0.00	50.00	50.00	0.00
Venezuela1	10.00	40.00	20.00	30.00
Venezuela3	0.00	75.00	25.00	0.00
TOTAL	18.33	36.67	33.06	11.94

La familia Cañas17, que muestra el promedio de recuperación más alto (2.0), lo que refleja en el hecho de que el 50% de los individuos muestran una recuperación de categoría 3, es decir que después del ataque, los árboles produjeron un solo brote dominante. En el futuro estos árboles (si no son atacados de forma severa) recuperarán una mejor forma.

Newton *et al.* (1992), estudiaron la variación genética en dominancia apical mediante ensayos de decapitación. Para el efecto evaluaron la proporción de yemas y el largo de los brotes a las 2, 4 y 8 semanas. Los resultados indicaron la existencia de diferencias altamente significativas entre familias, y no encontraron diferencias entre procedencias. Del estudio se determinó variación en la actividad de las yemas dentro de las procedencias evaluadas, en cuanto a dominancia y variación en el tiempo.

Estos mismos autores indican que para propósitos de selección, deberán preferirse individuos con baja actividad de yemas, es decir con una fuerte dominancia apical que presenten un solo brote o un brote dominante sobre otros, de manera que se pueda efectuar una poda y mejorar la forma del árbol, dejando un solo brote, que sustituya al anterior.

Al evaluar el efecto de la poda en árboles de *C. odorata*, Vega (1981) determinó un alta variabilidad en la recuperación de la forma a través de del tiempo, pues 60% de los individuos presentaron buena forma a los 6 años, aumentando a 90% a los 8 años.

Posiblemente para el ensayo los individuos evaluados necesitan de un período de tiempo desconocido (3 a 4 años), para desarrollarse mejor y evadir por completo los ataques de *H. grandella* que los afectan de manera severa y limitan su desarrollo.

## 6. CORRELACION ENTRE VARIABLES

Uno de los objetivos del análisis de correlación en este caso, era encontrar alguna explicación acerca del comportamiento de las variables evaluadas (en el Anexo se presenta la matriz de correlación para estas variables).

En el caso de la variable altura, se esperaba que presentara una alta correlación (negativa) con las variables frecuencia e intensidad de ataques. En este sentido Vega (1981), encontró una correlación

negativa altamente significativa ( $-0.732$ ) entre intensidad de ataques y altura, para una plantación (de 4 años) establecida a campo abierto. Este autor hace referencia a que la intensidad está estrechamente relacionada con la altura, pues mientras esta aumenta, la frecuencia e intensidad de ataques tienden a disminuir. En relación a lo anterior, es conveniente considerar, que posiblemente, en las primeras etapas de desarrollo, conforme el árbol crece y produce mayor cantidad de hojas nuevas a baja altura, será más propenso al ataque del barrenador. Cuando los árboles alcancen alturas superiores al rango de vuelo de *H. grandella* esta relación será inversamente proporcional entre altura y ataques.

En el ensayo de procedencias y familias, altura e intensidad presentan un coeficiente de correlación de 0.68. Este coeficiente puede considerarse como relativamente alto, e indica que entre estas variables existe una correlación positiva a los 20 meses, pues conforme los árboles han crecido se ha incrementado el número de ataques.

De hecho este dato se presenta muy lógico si se toman en cuenta que, como se mencionó anteriormente, para diversos autores (Cibrian *et al.* 1995, Roovers 1971 y Vega 1974), la máxima intensidad de ataques se presenta en el segundo año, período dentro del cual se halla el ensayo. Asimismo, el rango en altura dentro del ensayo, se encuentra entre el rango de vuelo comúnmente reportado para *H. grandella*, de 1.5 a 7 metros (Roovers 1971 y Vega 1974).

En este sentido, puede considerarse que el ensayo se encuentra en una fase de alta presión de ataques, y los individuos no han expresado toda su capacidad de desarrollo. Podría esperarse que en el futuro éstos presenten una variación en su comportamiento.

Las variables evaluadas, frecuencia e intensidad de ataques tienen el coeficiente de correlación más alto con 0.87. En este caso es lógico que haya una correlación alta entre estas variables, pues de hecho la intensidad de ataques dependerá de la frecuencia de ataques.

Para al resto de variables evaluadas la matriz de correlación no muestra correlaciones sobresalientes que permitan deducir alguna explicación clara sobre la relación entre *H. grandella* y los genotipos de *C. odorata* evaluados.

## B. ENSAYO DE CLONES

### 1. ALTURA TOTAL (cm)

#### 1.1 Variación entre procedencias

Los clones evaluados pertenecen a las procedencias CAÑAS, SAN CARLOS y TRINIDAD (ver Cuadro 4). Los promedios de altura para estas procedencias se presentan en el Cuadro 25.

CUADRO 25. Altura media (cm) para los procedencias evaluadas. Finca Cabiria, Turrialba.

PROCEDENCIA	ALTURA (cm)	Duncan*
TRINIDAD	176.14	a
SAN CARLOS	135.16	b
CAÑAS	98.17	c
F=16.8 p=0.0001 media=145.48 cm		

El análisis de varianza muestra la existencia de diferencias altamente significativas entre las procedencias ( $p=0.0001$ ). A los nueve meses la procedencia TRINIDAD presentó el mejor promedio en altura con 176.14 cm, el cual es superior en 30.32% (40.98 cm) a la procedencia SAN CARLOS y en 79.14% (77.97 cm) a la procedencia CAÑAS. En base a lo anterior puede considerarse que la procedencia TRINIDAD, a pesar de ser introducida, ha logrado un mejor desarrollo en los primeros meses, para este sitio en particular.

La procedencia CAÑAS, presenta el crecimiento más pobre en altura con 98.17 cm, inferior en 67.5% (47.31 cm) al promedio del ensayo.

Posiblemente la procedencia TRINIDAD haya encontrado para su desarrollo inicial, condiciones de sitio adecuadas, y que le han permitido desarrollarse mejor que las otras procedencias. Posiblemente estas condiciones de sitio son similares o mejores al su lugar de origen, favoreciendo su desarrollo, por lo menos bajo las condiciones del presente estudio.

## 1.2 Variación entre clones

En el Cuadro 26 se presentan los valores medios de altura para los clones evaluados en el ensayo.

CUADRO 26. Altura media (cm) por clon. Finca Cabiria, Turrialba.

CLON	PROCEDENCIA	ALTURA (cm)	Duncan*
2002-1	TRINIDAD	199.80	a
2002-2	TRINIDAD	191.30	ab
1998-X	TRINIDAD	184.89	abc
2005-2	SAN CARLOS	178.22	abc
2000-1	TRINIDAD	169.50	abc
2006-2	SAN CARLOS	161.60	abcd
2005-6	SAN CARLOS	152.40	abcde
2007-1	SAN CARLOS	148.80	bcde
2004-4	SAN CARLOS	148.80	bcde
2005-4	SAN CARLOS	141.90	cdef
2007-4	SAN CARLOS	139.80	cdef
2005-5	SAN CARLOS	136.50	cdef
1999-1	TRINIDAD	136.10	cdef
2003-2	SAN CARLOS	117.50	def
2003-3	SAN CARLOS	104.10	ef
2012-2	CAÑAS	98.17	f
2005-3	SAN CARLOS	97.40	f
2004-4	SAN CARLOS	95.22	f
F=4.78 p=0.0001 media=145.48 cm			

El análisis de varianza mostró la existencia de diferencias altamente significativas entre clones ( $p=0.0001$ ).

El clon 2002-1 muestra el mejor promedio en altura, siendo superior en 37.3% (54.32 cm) al promedio del ensayo, y en 8% (15.06 cm) al promedio de los cinco mejores clones. El clon 2002-2 muestra el segundo mejor promedio en altura, y es superior en 3.5% al promedio de los cinco mejores clones.

Es interesante observar que los clones 2002-1 y 2002-2, así como el 1998-x (tercer mejor promedio), pertenecen a la procedencia TRINIDAD, que presenta el mejor promedio entre procedencias.

Los clones 2004-4 y 2005-3 (procedencia SAN CARLOS) tienen los promedios más bajos en altura, con una diferencia respecto al promedio del ensayo de 48.08 y 50.26 cm, respectivamente.

### 1.3 Variación de clones dentro de procedencias

En esta sección no se incluye la procedencia CAÑAS, pues la misma está representada en el ensayo por un solo clon (2012-2) (Cuadro 4).

#### a. TRINIDAD

El análisis de varianza muestra la existencia de diferencias entre los clones de esta procedencias ( $p=0.0075$ ). Los datos de altura para estos clones se presenta en el Cuadro 27.

**CUADRO 27.** Altura media (cm) para los clones de la procedencia TRINIDAD. Finca Cabiria, Turrialba.

CLON	ALTURA (cm)	Duncan*
2002-1	199.80	a
2002-2	191.30	a
1998-x	184.89	a
2000-1	169.50	ab
1999-1	136.10	b
F=4.14 p=0.0075 media=176.14 cm		

Entre estos clones, el 2002-1 presenta el promedio de altura más alto, el cual es superior en 7.2% al promedio de los cuatro mejores clones, lo que son estadísticamente similares.

#### b. SAN CARLOS

Los datos promedio de altura para los clones de esta procedencia se presentan en el Cuadro 28. Para la procedencia SAN CARLOS, el análisis de varianza muestra diferencias significativas entre clones ( $p=0.0016$ ).

CUADRO 28. Altura media (cm) para los clones de la procedencia SAN CARLOS. Finca Cabiria, Turrialba.

CLON	ALTURA (cm)	Duncan*
2005-2	178.22	a
2006-2	161.60	ab
2005-6	152.40	abc
2004-4	148.80	abc
2007-1	148.80	abc
2005-4	141.90	abcd
2007-4	139.80	abcd
2005-5	136.50	abcd
2003-2	117.50	bcd
2003-3	104.10	cd
2005-3	97.40	d
2003-4	95.22	d
F=3.03 p=0.0016 media=135.16 cm		

El clon 2005-2 presenta el mejor promedio en altura, siendo superior en 31.9% al promedio del ensayo; además, es superior en 12.8% (20.26 cm) al promedio de los cinco mejores clones (157.96 cm) y en 8.6% al promedio de los mejores 3.

El clon 2003-4 presenta el promedio más bajo en altura con 95.22 cm, inferior en 39.94 cm (58.05%) al promedio del ensayo.

En un ensayo de procedencias y progenies, Newton *et al.* (1992), evaluaron estas procedencias en Florencia Sur (Turrialba), y encontraron que entre familias de estas se presentan diferencias para el crecimiento en altura. Los árboles más altos superaron los 4 m en los primeros 8 meses y más de 6 m en el primer año. El promedio en el ensayo fue de 1.6 m. Las familias de las procedencias SAN CARLOS y TRINIDAD presentaron un crecimiento significativamente mayor que otras procedencias.

## 2. PORCENTAJE DE ARBOLES NO ATACADOS

### 2.1 Procedencias

El porcentaje de árboles no atacados por procedencia se presenta en el Cuadro 29.

CUADRO 29. Porcentaje de árboles no atacados por procedencia. Finca Cabiria, Turrialba.

PROCEDENCIA	ARBOLES NO ATACADOS (%)
SAN CARLOS	6.78
CAÑAS	0.00
TRINIDAD	0.00

De acuerdo a los datos del Cuadro anterior, se observa que las procedencias son altamente susceptibles al ataque de *H. grandella*. Para el caso de SAN CARLOS el 6.78% equivale a 8 árboles de un total de 118.

## 2.2 Clones

A nivel de clones, el porcentaje de ramets que no fueron atacados por *H. grandella* durante el periodo de evaluación se presenta en el Cuadro 30.

CUADRO 30. Proporción de ramet no atacados por clon. Finca Cabiria, Turrialba.

CLON	PROCEDNCIA	ARBOLES NO ATACADOS (%)
2003-3	SAN CARLOS	20.00
2006-2	SAN CARLOS	20.00
2005-2	SAN CARLOS	11.11
2003-4	SAN CARLOS	11.11
2005-5	SAN CARLOS	10.00
2005-3	SAN CARLOS	10.00
2003-2	SAN CARLOS	0.00
2004-4	SAN CARLOS	0.00
2005-4	SAN CARLOS	0.00
2005-6	SAN CARLOS	0.00
2007-1	SAN CARLOS	0.00
2007-4	TRINIDAD	0.00
2002-2	TRINIDAD	0.00
2002-1	TRINIDAD	0.00
1998-x	TRINIDAD	0.00
1999-1	TRINIDAD	0.00
2000-1	TRINIDAD	0.00
2012-2	CAÑAS	0.00

De acuerdo a los datos del cuadro anterior, el porcentaje de árboles no atacados dentro de los clones, es bastante bajo, pues el mayor es de 20% para los clones 2003-3 y 2002-2, lo que equivale a 2 ramets de 10 en cada uno. El clon 2003-3 presenta para frecuencia e intensidad de ataques los valores más bajos, no así el clon 2002-2 que en relación a las frecuencia e intensidad se sitúa entre los valores más altos. Se observa claramente que todos los clones de TRINIDAD y CAÑAS, fueron atacados.

Al considerar que se están evaluando clones se esperaría que todos los ramets dentro de un mismo clon presentaran la misma respuesta. En este caso, por lo menos a los nueve meses, algunos ramets dentro de clones no fueron atacados, lo que podría considerarse desde el punto de vista planteado por Zobel y Talbert (1988), en relación al término *escape*, el cual se refiere a un árbol que ha sido atacado muy poco o "que ha escapado" por completo al ataque de la plaga, aunque no necesariamente presenta mayor resistencia, pues el comportamiento puede variar en el futuro.

### 3. FRECUENCIA DE ATAQUES

#### 3.1 Variación entre procedencias

El análisis de varianza no muestra diferencias entre procedencias ( $p=0.0557$ ). Los promedios relativos a la frecuencia de ataques para las procedencias evaluadas se presentan en el Cuadro 31.

CUADRO 31. Frecuencia de ataques por procedencia. Finca Cabiria, Turrialba.

PROCEDENCIA	FRECUENCIA DE ATAQUES	Duncan*
TRINIDAD	2.04	a
SAN CARLOS	1.74	a
CAÑAS	1.67	a
F=2.95 p=0.0557 media=1.82		

De los resultados del cuadro anterior se puede deducir que las procedencias evaluadas, fueron atacadas por *H. grandella* sin ninguna

preferencia, es decir que no presentan diferencias en susceptibilidad. Este hecho se explica en gran medida por el hecho de que a nivel de procedencias, en promedio de árboles atacados supera el 90%.

Además, se debe considerar el distanciamiento entre árboles (2 metros) y a la superficie del ensayo (936 m<sup>2</sup>), donde se concentró una alta población de posibles hospederos susceptibles a *H. grandella*. En este sentido, la variación entre estas poblaciones de cedro, en relación a la frecuencia de ataques es mínima y no se expresa bajo las condiciones del ensayo (edad y sitio).

### 3.2 Variación entre clones

A nivel de clones, el análisis de varianza muestra que el efecto de los clones en relación a la frecuencia de ataques es altamente significativo ( $p=0.0005$ ). De esto se puede inferir que *H. grandella* mostró preferencia por algunos clones. Los promedios para la frecuencia de ataques por clon se presentan a continuación en el Cuadro 32.

CUADRO 32. Frecuencia de ataques por clon. Finca Cabiria, Turrialba

CLON	PROCEDENCIA	FRECUENCIA DE ATAQUES	Duncan*
2006-2	SAN CARLOS	1.10	d
2003-3	SAN CARLOS	1.10	d
2003-4	SAN CARLOS	1.33	dc
2005-3	SAN CARLOS	1.40	dcb
2007-1	SAN CARLOS	1.50	dcb
2012-2	CAÑAS	1.67	dcba
2005-6	SAN CARLOS	1.80	dcba
2000-1	TRINIDAD	1.80	dcba
2002-1	TRINIDAD	1.80	dcba
2005-2	SAN CARLOS	1.89	dcba
2003-2	SAN CARLOS	1.90	dcba
2005-5	SAN CARLOS	2.00	cba
2002-2	TRINIDAD	2.10	cba
2005-4	SAN CARLOS	2.10	cba
1998-x	TRINIDAD	2.11	cba
2004-4	SAN CARLOS	2.20	ba
1999-1	TRINIDAD	2.40	a
2007-4	SAN CARLOS	2.50	a
F=2.77 p=0.0005 media=1.82			

El interés en este caso es identificar aquellos clones que presenten las frecuencias de ataques más bajas. En el cuadro anterior se observa que los clones 2006-2 y 2003-3, presentan la menor frecuencia de ataques (1.1), lo que representa una diferencia de 66% respecto al clon con la frecuencia más alta (2007-4). Respecto al promedio del ensayo, los clones 2006-2 y 2003-3, presenta una diferencia de 38.9%, y una diferencia de 14.46% respecto al promedio de los cinco mejores (1.29), todos de SAN CARLOS.

A pesar de que a nivel de procedencias no existen diferencias estadísticas, los cinco clones con promedios más bajos pertenecen a la procedencia SAN CARLOS. Es interesante observar que el clon 2007-4, que presenta el promedio más alto en relación a la frecuencia de ataques, también pertenece a ésta procedencia.

### 3.3 Variación de clones dentro de procedencias

#### a. TRINIDAD

Entre los clones de la procedencia TRINIDAD no existen diferencias ( $p=0.4524$ ). Los promedios de las frecuencias de ataques se presentan en el Cuadro 32.

#### b. SAN CARLOS

Entre los clones de la procedencia SAN CARLOS existen diferencias significativas ( $p=0.0012$ ). En el Cuadro 33 se presentan los datos de frecuencias para estos clones.

CUADRO 33. Frecuencia de ataques para los clones de la procedencia SAN CARLOS. Finca Cabiria, Turrialba.

CLON	FRECUENCIA DE ATAQUES	Duncan*
2006-2	1.10	d
2003-3	1.10	d
2003-4	1.33	dc
2005-3	1.40	dcb
2007-1	1.50	dcb
2005-6	1.80	dcba
2005-2	1.89	dcba
2003-2	1.90	dcba
2005-5	2.00	cba
2005-4	2.10	cba
2004-4	2.20	ba
2007-4	2.50	a
F=3.13 p=0.0012 media=1.74		

De igual manera que para el análisis que incluye a todos los clones, el 2006-2 y el 2003-3, presentan las frecuencias de ataque más bajas (1.1). El promedio para las familias dentro de esta procedencia es de 1.74, lo cual representa una diferencia de 4% respecto al promedio del ensayo.

Los clones 2006-2 y 2003-3, presentan una diferencia de 14.46%, respecto del promedio de los cinco mejores clones, es decir que entre los clones de esta familia hay variación en la susceptibilidad al ataque de *H. grandella*.

#### 4. INTENSIDAD DE ATAQUES

En el ensayo de clones el primer ataque se presentó en la primera quincena del mes de mayo de 1996, y fue registrado en el clon 2002-2 (en el ramet del bloque II). Al final del estudio se registró un total de 883 ataques. La distribución de los ataques en los clones durante el período de evaluación se presenta a continuación en el Cuadro 34.

CUADRO 34. Intensidad y distribución de los ataques durante el periodo de estudio. Finca Cabiria, Turrialba.

MES	ATAQUES	%
MAYO	37	4.19
JUNIO	218	24.69
JULIO	433	49.04
AGOSTO	195	22.08
TOTAL	883	100.00

En el cuadro anterior se observa claramente el comportamiento de los ataques en el ensayo, presentando la máxima intensidad en el mes de julio con 433 ataques. Posterior a este mes se observa un descenso en la intensidad de ataques a nivel del ensayo.

#### 4.1 Variación entre procedencias

El análisis de varianza indica la existencia de diferencias altamente significativas entre procedencias ( $p=0.0001$ ). En el Cuadro 35 se presentan los promedios en intensidad de ataques para las procedencias.

CUADRO 35. Intensidad de ataques por procedencia. Finca Cabiria, Turrialba.

PROCEDENCIA	INTENSIDAD DE ATAQUES	Duncan*
SAN CARLOS	4.31	b
CAÑAS	4.67	b
TRINIDAD	7.08	a
F=10.5 p=0.0001 media=5.1		

Las procedencias SAN CARLOS y CAÑAS presentan los promedios más bajos en intensidad de ataques, siendo estadísticamente diferentes a la procedencia TRINIDAD que presenta el promedio más alto. El promedio de las procedencias SAN CARLOS y CAÑAS (4.5), presentan una diferencia de 36.6% respecto a la procedencia TRINIDAD.

Los resultados anteriores indican que las procedencias locales, son menos susceptibles al ataque de *H. grandella* que TRINIDAD. Posiblemente esto se relaciona con el mejor crecimiento de la procedencia TRINIDAD, que presenta, como lo indica Cornelius (1996<sup>5</sup>) más sitios atractivos al barrenador, al producir más hojas nuevas, que los árboles pequeños, que hacen a los árboles más susceptibles.

#### 4.2 Variación entre clones

El análisis estadístico muestra la existencia de diferencias altamente significativas ( $p=0.0001$ ). En el Cuadro 36 se presentan los promedios en intensidad de ataques a nivel de clones.

CUADRO 36. Intensidad de ataques por clon. Finca Cabiria, Turrialba.

CLON	PROCEDENCIA	INTENSIDAD DE ATAQUES	Duncan*
2003-3	SAN CARLOS	2.20	e
2003-4	SAN CARLOS	2.44	ed
2006-2	SAN CARLOS	2.70	ed
2003-2	SAN CARLOS	3.50	edc
2005-3	SAN CARLOS	3.70	edc
2007-1	SAN CARLOS	4.10	edcb
2005-5	SAN CARLOS	4.30	edcb
2005-6	SAN CARLOS	4.60	edcb
2012-2	CAÑAS	4.67	edcb
2002-1	TRINIDAD	5.40	edcb
2007-4	SAN CARLOS	5.50	edcb
2005-2	SAN CARLOS	5.89	edcb
2005-4	SAN CARLOS	5.90	edcb
2000-1	TRINIDAD	6.10	dc
1998-x	TRINIDAD	6.11	dc
2004-4	SAN CARLOS	6.80	cb
2002-2	TRINIDAD	7.50	ba
1999-1	TRINIDAD	10.20	a
F=3.43 p=0.0001 media=5.1			

Los clones de la procedencia SAN CARLOS presentan los promedios más bajos para intensidad de ataques, pues los ocho mejores clones son de esta procedencia. El clon 2003-3 tiene el promedio más bajo con 2.2 ataques.

<sup>5</sup> J. Cornelius. Comunicación personal. 1996.

El promedio de este clon presenta una diferencia de 31.3% respecto al promedio de los cinco mejores clones (2.91), y una diferencia de 80.4% respecto del clon con el promedio más alto (1999-1). El clon 1999-1 (TRINIDAD) presenta el promedio más alto en intensidad de ataques; la diferencia con el clon 2003-3 es de 8 ataques (80.4%).

En relación al promedio del ensayo (5.1) el clon 2003-3 presenta una diferencia de 56.9%. Asimismo, el promedio de los cinco mejores clones difiere del promedio del ensayo en 43%.

De manera similar que para la frecuencia de ataques, los clones con los promedios más bajos en intensidad pertenecen a la procedencia SAN CARLOS, mientras que los clones con la mayor intensidad de ataques pertenecen a la procedencia TRINIDAD. Esta situación está relacionado a la tasa de crecimiento de los árboles, pues según parece en esta etapa, se manifiesta una relación directa entre altura y ataques.

#### 4.3 Variación de clones dentro de procedencias

A nivel de procedencias, SAN CARLOS presenta el mejor comportamiento, seguido por la procedencia CAÑAS, y TRINIDAD. Como ya se indicó, la procedencia CAÑAS, presenta un clon (2012-2), por lo que los datos de este pueden observarse en la sección 4.2 (Cuadro 36).

##### a. PROCEDENCIA SAN CARLOS

Entre los clones de esta procedencia el análisis de varianza muestra diferencias significativas ( $p=0.0030$ ). El clon 2003-3 presenta el promedio más bajo con 2.2 ataques, mientras que el clon 2004-4 presenta el promedio más alto (6.8 ataques). Los datos de intensidad de ataques para los clones de esta procedencia se presentan a continuación en el Cuadro 37.

CUADRO 37. Intensidad de ataques para los clones de la procedencia SAN CARLOS. Finca Cabiria, Turrialba.

CLON	FRECUENCIA DE ATAQUES	Duncan*
2003-3	2.20	d
2003-4	2.44	d
2006-2	2.70	dc
2003-2	3.50	dc
2005-3	3.70	dcb
2007-1	4.10	dcba
2005-5	4.30	dcba
2005-6	4.60	dcba
2007-4	5.50	cba
2005-2	5.89	ba
2005-4	5.90	ba
2004-4	6.80	a
F=2.83 p=0.0030 media=4.3		

El clon 2003-3 presenta el promedio más bajo en intensidad de ataques. Este presenta una diferencia de 209% respecto al clon 2004-4, y de 95% respecto al promedio del ensayo. La diferencia entre el clon 2003-3 (mejor promedio) y el promedio de los cinco mejores clones (2.91) es de 24.4%.

#### b. PROCEDENCIA TRINIDAD

Dentro de esta procedencia, el análisis de varianza no encontró diferencias entre familias ( $p=0.1223$ ); sin embargo, es importante mencionar que la familia 1999-1 es la que presenta el promedio más alto, es decir que en promedio, recibió más ataques (10.2). Además cuatro de los cinco clones de esta familia (1999-1, 2002-2, 1998-x y 2000-1) se encuentran entre los cinco clones con mayor intensidad de ataques a nivel del ensayo.

### 5. RECUPERACION

#### 5.1 Variación entre procedencias

Para la capacidad de recuperación el análisis de varianza no mostró diferencias entre procedencias ( $p=0.5435$ ). Los promedios de recuperación por procedencia se presentan en el Cuadro 38.

CUADRO 38. Capacidad de recuperación a nivel de procedencias. Finca Cabiria, Turrialba.

PROCEDENCIA	CAPACIDAD DE RECUPERACION	DUNCAN*
SAN CARLOS	0.96	a
TRINIDAD	0.78	a
CAÑAS	0.67	a
F=0.44 p=0.6428 media=0.89		

Además de no existir diferencias entre procedencias, puede observarse que el promedio de recuperación es relativamente bajo, al mantenerse entre los valores de 0 a 1, es decir que o no presentan una recuperación deseable, al tener una intensa actividad de yemas apicales, que producirá árboles con mucha ramificación. Ninguna de las procedencias presenta una recuperación deseable, lo que posiblemente pueda considerarse como un bajo nivel de tolerancia al ataque de *H. grandella*, y de seguir esa tendencia, es probable que los árboles sufran deformaciones, y pierdan calidad como una posible troza de dimensiones aprovechables.

La capacidad de recuperación mostrada entre las procedencias evaluadas, se refleja en el hecho de que el 90% de los individuos presenta un patrón de recuperación menos deseable, es decir que presentan muchos brotes. Mientras que solo el 10% presenta una recuperación deseable.

CUADRO 39. Frecuencias para capacidad de recuperación por procedencia. Finca Cabiria, Turrialba.

PROCEDENCIA	RECUPERACION			
	1	2	3	4
CAÑAS	33.33	66.67	0.00	0.00
SAN CARLOS	42.20	32.11	12.84	12.84
TRINIDAD	46.94	34.69	12.24	6.12
TOTAL	43.29	34.15	12.20	10.37

## 5.2 Variación entre clones

El análisis de varianza no muestra diferencias entre clones ( $p=0.9069$ ), es decir que la capacidad de recuperación a nivel de clones es similar a los 20 meses. En el Cuadro 40, se presentan los promedios para capacidad de recuperación por clon.

**CUADRO 40.** Capacidad de recuperación a nivel de clones. Finca Cabiria, Turrialba.

CLON	PROCEDENCIA	CAPACIDAD DE RECUPERACION	DUNCAN
2005-6	SAN CARLOS	1.40	a
2003-4	SAN CARLOS	1.29	a
2005-5	SAN CARLOS	1.22	a
2007-4	SAN CARLOS	1.20	a
2005-2	SAN CARLOS	1.12	a
1998-x	TRINIDAD	1.11	a
2007-1	SAN CARLOS	0.90	a
1999-1	TRINIDAD	0.90	a
2003-2	SAN CARLOS	0.90	a
2000-1	TRINIDAD	0.80	a
2004-4	SAN CARLOS	0.80	a
2005-4	SAN CARLOS	0.78	a
2005-3	SAN CARLOS	0.67	a
2012-2	CAÑAS	0.62	a
2003-3	SAN CARLOS	0.60	a
2002-2	TRINIDAD	0.50	a
2002-1	TRINIDAD	0.50	
F=0.57 p=0.9096 media=0.89			

Aunque a nivel de clones la capacidad de recuperación presenta un rango más amplio (1.40 - 0.50) que para las procedencias, el análisis no muestra diferencias, y los promedios se mantienen en las categorías inferiores, es decir que ante la pérdida del brote apical, se pronuncia una intensa actividad de yemas, sin dominancia apical fuerte.

CUADRO 41. Capacidad de recuperación a nivel de clones. Finca Cabiria, Turrialba.

CLON	RECUPERACION			
	1	2	3	4
1998-x	22.22	44.44	33.33	0.00
1999-1	60.00	10.00	10.00	20.00
2000-1	50.00	30.00	10.00	10.00
2002-1	50.00	50.00	0.00	0.00
2002-2	50.00	40.00	10.00	0.00
2003-2	40.00	40.00	10.00	10.00
2003-3	62.50	25.00	0.00	12.50
2003-4	28.57	28.57	28.57	14.29
2004-4	40.00	40.00	20.00	0.00
2005-2	37.50	25.00	25.00	12.50
2005-3	44.44	44.44	0.00	11.11
2005-4	50.00	20.00	30.00	0.00
2005-5	33.33	33.33	11.11	22.22
2005-6	30.00	30.00	10.00	30.00
2006-2	75.00	12.50	0.00	12.50
2007-1	40.00	40.00	10.00	10.00
2007-4	30.00	40.00	10.00	20.00
2012-2	33.33	66.67	0.00	0.00
TOTAL	43.29	34.15	12.20	10.37

En el cuadro anterior se observa que el 78% de los individuos, muestran una recuperación de categorías 0 y 1 (menos deseables), lo que explica en parte el rango de promedios obtenidos en recuperación, que va de 0.5 a 1.4. Debe considerarse que mientras mayor sea la ramificación presentada por los árboles, menos posibilidad tendrán de mejorar la forma del fuste.

#### 6. CORRELACION ENTRE VARIABLES

Al igual que en el ensayo de procedencias y familias, la matriz de correlación desarrollada para el ensayo de clones no muestra resultados relevantes al respecto, pues los coeficientes son en su mayoría muy bajos (ver matriz de correlación en el Anexo). En este caso, el coeficiente de correlación entre frecuencia e intensidad de ataques presenta un valor de 0.70 que puede considerarse como medianamente alto. Esta relación es muy lógica, pues queda claro que cada vez que se presente el insecto habrá por lo menos un ataque.

El coeficiente de correlación para las variables intensidad de ataque y altura es de 0.22. Dicho coeficiente indica a los nueve meses, existe poca correlación entre estas variables. Posiblemente esta correlación variará dependiendo del comportamiento futuro de los clones en el ensayo; sin embargo, es claro que al crecer el árbol dará mayor oportunidad para ataques, al mantener una constante producción de tejidos nuevos, más acuosos y posiblemente con mayor disponibilidad de aceites esenciales atrayentes al insecto.

Roovers (1971) y Vega (1974), entre otros, mencionan que a partir del primer año, aumenta la actividad de *H. grandella*, mostrando un incremento durante el segundo año. En este sentido, es posible que las correlaciones entre las variables evaluadas no se sean significativas para la edad de los árboles en el ensayo. Posiblemente en el futuro, dichas correlaciones expliquen mejor la relación entre *H. grandella* y los genotipos de cedro evaluados.

## VII. CONCLUSIONES

## ENSAYO DE PROCEDENCIAS Y FAMILIAS

1. Las procedencias de la zona atlántica (SAN CARLOS, UPALA, GUAPILES y TALAMANCA) mostraron una mejor adaptación a las condiciones del sitio, pues fueron superiores en altura a las procedencias de la zona seca de Costa Rica. La media en altura de éstas procedencias fue 57% mayor que la media de las procedencias de la zona seca.
2. Existe variación en resistencia entre los genotipos de cedro evaluados, principalmente en cuanto a susceptibilidad al ataque de *H. grandella*. Los genotipos de la zona seca de Costa Rica mostraron mayor resistencia al ataque de *H. grandella* que los genotipos de la zona atlántica.
3. La menor susceptibilidad de los genotipos de la zona seca puede explicarse, en parte, si se considera que las poblaciones de *H. grandella* están adaptadas a los atrayentes químicos de los árboles locales de cedro. De manera general, se puede suponer que la base química de estos compuestos es similar entre las procedencias evaluadas. Sin embargo, por el hecho de que los insectos tienen el mejor mecanismo de adaptación a nuevos hospederos, es posible que en un tiempo no predecible, las procedencias de cedro de la zona seca puedan ser atacadas en igual intensidad y frecuencia que las procedencias locales.
4. Los genotipos de la zona atlántica mostraron mejor crecimiento en altura, pero mayor susceptibilidad al ataque de *H. grandella*, posiblemente por presentar una producción de follaje y tejidos suaves de manera continua, y mayor cantidad de aceites esenciales que sirven de atrayente al barrenador, para la oviposición.
5. Aunque se determinó la existencia de variación en resistencia al ataque de *H. grandella* entre los genotipos de cedro, no se encontraron diferencias respecto a la capacidad de recuperación. La recuperación mostrada por estos genotipos se caracterizó por presentar varios

brotos, como respuesta a la pérdida del brote apical. Esto significa que si se mantiene esta tendencia a través del tiempo, estos árboles presentarán una ramificación profusa, que provocará una mala forma, así como una troza de dimensiones no aprovechables y de poco o ningún valor comercial.

6. La capacidad de recuperación observada debe considerarse como una respuesta preliminar de los genotipos, pues al momento de la evaluación, el ensayo se encontraba bajo un periodo de intensa actividad de *H. grandella*.

#### ENSAYO DE CLONES

7. La procedencia TRINIDAD mostró una mejor adaptación al sitio del ensayo. Esta adaptación se expresó mejor en la altura en el ensayo, en el que TRINIDAD fue superior en 30% a SAN CARLOS y en 80% a CAÑAS.

8. A nivel de clones, cuatro de los cinco mejores fueron de TRINIDAD, hecho que se refleja en la superioridad en altura mostrado por esta procedencia.

9. Las procedencias SAN CARLOS y CAÑAS, mostraron mayor resistencia al ataque de *H. grandella*; en tanto que la procedencia TRINIDAD, presentó los mayores promedios en intensidad de ataques, lo que indica que es más susceptible a *H. grandella*.

10. La capacidad de recuperación no muestra diferencias entre los clones evaluados; los valores de recuperación indican una intensa actividad de yemas, que se expresa en una profusa ramificación, lo que induce el riesgo de un fuste con baja calidad y poco valor. En este sentido, es más deseable una fuerte dominancia apical, es decir una recuperación más deseable, con un brote apical dominante, que dará continuidad al crecimiento del árbol.

## VIII. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y a estudios relacionados al tema, se considera que la presencia de *H. grandella* es inevitable en las plantaciones de cedro; en este sentido, se proponen las siguientes recomendaciones:

1. Continuar la evaluación de los ensayos por lo menos hasta el tercer año, con el objetivo de conocer el desarrollo de los genotipos de cedro y su respuesta al ataque de *H. grandella* durante un período de tiempo mayor.
2. Evaluar los genotipos que presentaron un mejor crecimiento en altura bajo las mismas condiciones de sitio o mejores. Dado que el interés principal al establecer plantaciones de cedro es la obtención de madera para aserrío, no se considera práctico ni económicamente rentable, plantar árboles resistentes al ataque de crecimiento lento y bajo rendimiento en volumen de madera. De hecho, se espera que al plantar árboles vigorosos y de rápido crecimiento, éstos alcancen mayores dimensiones en altura y diámetro en un tiempo relativamente menor, que les permitan evadir o reducir el efecto del ataque de *H. grandella* y lograr una mejor recuperación.
3. Para el ensayo de San Carlos, se considera importante evaluar los genotipos de la zona atlántica en un ensayo de comprobación (bajo las mismas condiciones de sitio) e incluir otras procedencias de esa región. Además, evaluar los mismos genotipos de este ensayo en la zona del pacífico seco, y comprobar su comportamiento bajo condiciones de este sitio en particular.
4. Evaluar los genotipos de *C. odorata* que no fueron atacados en el ensayo de San Carlos, mediante el establecimiento de un ensayo de clones, en un sitio con mejores condiciones.
5. Dado que uno de los factores de mayor importancia en la resistencia del cedro, son los compuestos químicos, debe considerarse la incorporación de estudios a este nivel.

6. Diversos autores (Holdridge 1943, Lamb 1969, Vega 1974), indican que el óptimo ecológico de *C. odorata* no es bajo condiciones de campo abierto. Por lo tanto, se considera conveniente evaluar al cedro bajo condiciones de sitio que favorezcan y permitan a los árboles expresar todo su potencial natural, sin factores adversos a su desarrollo.

## IX. BIBLIOGRAFIA

- ALLAN, G.G.; GARA, R.I.; WILKINS, R.M. 1970. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* Zeller. III. The evaluation of some systemic insecticides for the control of larvae in *Cedrela odorata* L. Turrialba (Costa Rica) 20(4):478-487.
- \_\_\_\_\_; GARA, R.I.; ROBERTS, S.C. 1976. The comparative toxicity of Aldicarb, Carbofuran and the natural toxicant of *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* to first instar larvae. Turrialba (Costa Rica) 25(3):255-259.
- BECKER, V.O. 1973. Microlepidopteros asociados con *Carapa*, *Cedrela* y *Swietenia* en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 108 p.
- BERRIOS ESCORCIA, F. 1972. Estudio de la susceptibilidad del barrenador de las meliáceas *Hypsipyla grandella* Zeller al hongo *Metharrhizium anisopliae*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 76 p.
- \_\_\_\_\_; HIDALGO-SALVATIERRA, O. 1970. Estudios sobre el barrenador *Hypsipyla grandella* Zeller. VI. Susceptibilidad de la larva al hongo *Metharrhizium anisopliae* (Metch.). Turrialba (Costa Rica) 21(2):214-219
- BERRIOS, M, DEL C.; GARCIA, A.; MENENDEZ, J.M.; ECHEVARRIA, E.; VALDES, H. 1987. Prueba de insecticidas químicos en el control del taladrador de las Meliaceas *Hypsipyla grandella* en vivero. Revista Baracoa (Cuba) 17(1):7-16.
- BURLEY, J.; WOOD, P. 1979. Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencia especial a los trópicos. Commonwealth Institute (England). Tropical Forestry Papers 10 & 10A 233 p.
- CASTAIGN RIBA, A. 1982. Algunos factores edáficos y dasométricos relacionados con el crecimiento y comportamiento de *Cedrela odorata* L. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 123 p.
- CARRUYO, L.J. 1973. Estudio premilinar de extractivos de las Meliaceas que atraen a *Hypsipyla grandella* Zeller. Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación (Venezuela) 43:13-20.
- CATIE. 1991. Plagas y enfermedades forestales de América Central: guía de campo. CATIE, Turrialba (Costa Rica). Serie Técnica. Manual Técnico. No.4. p. 172-173.
- CIBRIAN T., D.; MENDEZ M., J.T.; YATES, H.O.; FLORES L., J.E. 1995. Insectos forestales de México. Chapingo, México. Universidad Autónoma de Chapingo. p. 112-114.

- COREA, E. s.f. Interacción genotipo-ambiente. In Manual sobre Mejoramiento Genético Forestal con referencia especial a América Central. J. Cornelius, E. Corea, F. Mesén (Eds). Turrialba, Costa Rica. DDC/ODA/CATIE. p. 45.
- \_\_\_\_\_; MESEN, F.; CORNELIUS, J. 1992. El Proyecto Mejoramiento Genético Forestal del CATIE y su papel en la Región Centroamericana. *El Chasqui* (Costa Rica) 28:19-24.
- CORNELIUS, J. 1995. Atlántico vs. Pacífico: distinción importante en la escogencia de fuentes de semilla forestal en América Central. *Boletín. Mejoramiento genético y semillas forestales para América Central* (Costa Rica) 12:6-8.
- CORONADO VIERA, R. 1989. La agroforestería en la prevención de la deformación de fustes por ataque de *Hypsipyla grandella* Z. In Simposio sobre Parasitología Forestal (5, 1989, Chihuahua, México) Memorias. Sociedad Mexicana de Entomología. p. 55.
- DOUROJEANNI, M. 1963. El barrenado de los brotes (*Hypsipyla grandella*) en Cedro y Caoba. *Agronomía* (Perú) 30(1):35-43.
- \_\_\_\_\_. 1973. Consideraciones sobre el problema *Hypsipyla grandella* (Zeller) en las plantaciones de Meliaceae en el Perú. In Whitmore, J.L. (Ed). *Studies on the shootborer Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. IICA. Miscellaneous Publication No. 101. v.3. p. 128-129.
- FAO. 1958. El barrenillo de los brotes de las meliáceas. *UNASYLVA* (Italia) 12(1):30-21.
- FORS, A.J. 1941. Informe sobre plantaciones forestales en Cuba. *Caribbean Forester* (Puerto Rico) 5(3):115-118.
- GARA, R.I.; ALLAN, G.G.; WILKINS, R.M.; WHITMORE, J.L. 1975. Comportamiento del barrenador de las Meliaceae *Hypsipyla gandella* Zeller (Lepidoptera Phycitidae) durante su vuelo y selección del hospedero. *Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación* (Venezuela) 49:37-49.
- GONZALEZ A., J.C. 1992. El Cedro. *Cedrela odorata* L. PANKIA. *Boletín Informativo JBLL* (El Salvador) 3:3-4.
- GONZALEZ J., E.; CHAVEZ S., E.; RODRIGUEZ CH., J. 1991. Crecimiento y comportamiento de *Carapa guianensis* Aubl. en plantación a campo abierto. *Brenesia* (Costa Rica) 35:9-17.
- GRIJPMA, P.; RAMALHO, R. 1969. *Toona spp.*, posibles alternativas para el problema del barrenador *Hypsipyla grandella* de las Meliaceae en América Latina. *Turrialba* (Costa Rica) 19(4):531-547.
- \_\_\_\_\_. 1970. Inmunity of *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F.v.M.) C.DC. and *Khaya ivorensis* A. Chev to attacks of *Hypsipyla grandella* Zeller in Turrialba, Costa Rica. *Turrialba* (Costa Rica) 20(1):85-93.

- GRIJPMAN, P.; GARA, R.I. 1970A. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* Zeller. I. Host selection behavior. Turrialba (Costa Rica) 20(2):233-240.
- \_\_\_\_\_; GARA, R.I. 1970B. Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* Zeller. II. Host preference of the larvae. Turrialba (Costa Rica) 20(2):241-247.
- \_\_\_\_\_; ROBERTS, S.C. 1973. On the resistance of *Toona ciliata* M.J. ROEM var *australis* (F.v.M.) C.DC. In Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*. (1, 1973, Turrialba, Costa Rica). Proceedings. Turrialba, Costa Rica. IICA-CTEI. p. irr.
- \_\_\_\_\_. 1976. Resistance of Meliaceae against the shoot borer *Hypsipyla* with particular reference to *Toona ciliata* M.J.Roem. var *australis* (F.v.Muell.) C.DC. In J. Burley; B.T. Styles (Eds). Tropical Trees, variation, breeding and conservation. England. Academic Press. p. 69-79.
- \_\_\_\_\_; 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*. Turrialba (Costa Rica) 25(2):152-159.
- \_\_\_\_\_; ROBERTS, S.C. 1976. Biological and chemical screening for the basis of resistance of *Toona ciliata* M.J. Roem. var *australis*. Whitmore, J.L. (Ed). Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller). Lep. Pyralidae. IICA. Miscellaneous Publication No. 101. v 2. p. 102-109.
- GUEVARA, G. 1988. Experiencias colombianas con cedro (*Cedrela odorata* L.). Bogotá, Colombia. CONIF. 86 p.
- HOCHMUT, R. 1981. Métodos silviculturales para la protección de las Meliaceas contra el ataque del barrenador *Hypsipyla grandella*. Boletín de Reseñas Forestales (Cuba) 1:3-19.
- HOLDRIDGE, L. R. 1943. Comments on the silviculture of *Cedrela*. Caribbean Forester (Puerto Rico) 4(2):77-88.
- \_\_\_\_\_. 1973. Ecología de las Meliáceas latinoamericanas. In Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*. (1, 1973, Turrialba, Costa Rica). Proceedings. Turrialba, Costa Rica. IICA-CTEI. p. irr.
- HOLSTEN, E. H.; GARA, R.I. 1976. Flight of the mahogany shootborer, *Hypsipyla grandella*. In Whitmore, J.L. (Ed). Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. IICA. Miscellaneous Publication No. 101. p. 128-129.
- \_\_\_\_\_. 1977. Mating behavior of the mahogany shootborer, *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), in Costa Rica. Tesis Ph.D. Washington, USA. University of Washington. 146 p.

- HOWARD, F.H. 1991. Seasonal incidence of shoot infestation by mahogany shoot borer (Lepidoptera: Phycitidae) in Florida. Florida Entomologist (USA) 74(1):150-151.
- IBARRA, A.; LEMIEUX, G.; TUNAROSA, V.; SILVA, T.C. DA. 1970. Inventario de recursos del programa de diversificación de Turrialba. IICA. (Costa Rica) Publicación Miscelánea. No. 67 p.17
- IRENA. 1992. Cedro real. Nicaragua. Nota Técnica No. 10
- LAHERA, W.; ALVAREZ, A.; GAMEZ, S. 1995. Estado del programa de mejoramiento genético de *Cedrela odorata* desarrollado en Cuba. Recursos Genéticos Forestales (Italia). 22:27-28.
- LAMB, A.F.A. 1968. *Cedrela odorata*. Commonwealth Forestry Institute. England. 46 p.
- \_\_\_\_\_. 1969. Especies maderables de crecimiento rápido en la tierra baja tropical: *Cedrela odorata*. Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. (Venezuela) 30-31:15-59
- LAMB, F.B. 1960. An approach to mahogany tree improvement. Caribbean Forester (Puerto Rico). 21(1-2):12-20.
- LYHR, K.P. 1992. Mahogany: silviculture and use of american mahogany (*Swietenia spp.*). Copenhagen, Denmark. Unit of Forestry, Department of Economics and Natural Resources, The Royal Veterinary and Agricultural University. 89 p.
- MARQUETTI, J.R. 1990. Híbridos de *Cedrela* resistentes a *Hypsipyla grandella*. Revista Baracoa (Cuba) v.20 (1):97-101.
- MARRERO, J. 1942. Study of grades of broadleaved mahogany planting stock. Caribbean Forester (Puerto Rico) 3(2):79-80.
- MARTORELL, L.F. 1943. Forest and forest entomology. Caribbean Forester (Puerto Rico) 4(3):132-134.
- MELCHIOR, G.; QUIJADA, R. 1972. Sobre el comportamiento de unas procedencias exóticas de *Cedrela odorata* comparadas con unas de *C. angustifolia* nativa y plantadas como "stumps" en condiciones de vivero. Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación (Venezuela) 41-42:57-61.
- MENENDEZ, J.M.; BERRIOS, M. del C. 1992. Apuntes sobre modificaciones observadas en la forma de ataque de *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Phycitidae). Revista Baracoa (Cuba) 22(2): 41-45.
- MESEN, F. 1990. Resultados de ensayos de procedencias en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. Proyecto MGF. CATIE/MDC/AID/ODA. 42 p.
- NEWTON, A. 1990. Selección por resistencia al perforador de las Meliaceas. Noticiero. Mejoramiento genético y semillas forestales para América Central (Costa Rica) 5:4-7.

- NEWTON, A.C.; MESEN, F.; LEAKEY, R.R.B. 1992. Second interim report to ODA. Escocia. ITE/CATIE. p. 29-35.
- \_\_\_\_\_; BAKER, P.; RAMMARINE, S.; MESEN, F.; LEAKEY, R.R.B. 1993a. The mahogany shoot borer: prospect for control. Forest Ecology Management (Holanda) 57:301-328.
- \_\_\_\_\_; LEAKEY, R.R.B.; MESEN, F. 1993b. Genetic variation in mahoganies: its importance, capture y utilization. Biodiversity and Conservation (Escocia) 2:114-126.
- \_\_\_\_\_; CORNELIUS, J.; MESEN, F.; LEAKEY, R.R.B. 1995. Genetic variation in apical dominance of *Cedrela odorata* seedlings in response to decapitation. Silvae genetica (Alemania) 44(2-3):146-150.
- OTAROLA, A.; WHITMORE, J.L.; SALAZAR, R. 1976. Análisis de 12 plantaciones de *Toona ciliata* en Turrialba, Costa Rica. Turrialba (Costa Rica) 26(1):80-85.
- RAMIREZ-SANCHEZ, J. 1964. Investigación preliminar sobre biología, ecología y control de *Hypsipyla grandella* Zeller. Boletín del Insituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación (Venezuela) 16:54-77.
- RAMIREZ-SANCHEZ, J. 1976. Comments of the population dynamics of *Hypsipyla grandella* (Zeller). In Whitmore, J.L. (Ed). Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. IICA Miscelaneous Publication No. 101. p. 57-59.
- RODRIGUEZ GALLEGOS, F. 1980. Situación concreta de las investigaciones realizadas sobre *Hypsipyla grandella* Zeller en el sureste de México. Ciencia Forestal (México) 5(28):17-23.
- RODRIGUEZ PEREZ, M. 1980. Resistencia de las especies del género *Khaya* a las plagas de insectos. Centro Agrícola (Cuba) 7(3):47-50.
- ROSERO, P. 1973. Zonificación y silvicultura de Meliáceas. In Symposium on Integrated Control of *Hypsipyla*. (1, 1973, Turrialba, Costa Rica). Proceedings. Turrialba, Costa Rica. IICA-CTEI. p. irr.
- ROOVERS, M. 1971. Observaciones sobre el ciclo de vida de *Hypsipyla grandella* Zeller en Barinitas, Venezuela. Boletín. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación (Venezuela) 38:3-46.
- SANCHEZ, J.C.; HOLSTEN, E.; WHITMORE, J.L. 1976. Comportamiento de cinco especies de Meliaceae en Turrialba, Costa Rica. In Whitmore, J.L. (Ed). Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. IICA. Miscelaneous Publication No. 101, v 3. 97-103.

- SANTANDER, C.; ALBERTIN, W. 1978. *Carapa guianensis* Aubl., posible alternativa para el problema del barrenador de las Meliaceae de los trópicos. Turrialba (Costa Rica) 28(3):179-185.
- SMITH, C.E. 1960. A revision of *Cedrela* (Meliaceae). Fieldiana 29(5):195-341
- SLIWA, D. 1968. *Hypsipyla* shoot borer activity in youg Mahogany and Spanish cedar plantations in Costa Rica: An exploratory study. Laffayette, Indiana. Purdue University. 16 p.
- STEEL, R.G.; TORRIE, T.H. 1988. Bioestadística. Principios y procedimientos. 2 ed. México, McGraw-Hill. 622 p.
- TILLMANS, H.J. 1964. Apuntes bibliográficos sobre *Hypsipyla grandella* Zeller. Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Capacitación e Investigación (Venezuela) 14:82-92.
- TOSI JUNIOR, A. 1968. Zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. Esc. 1:200,000.
- VEGA C., L. 1974. Influencia de la silvicultura en el comportamiento de *Cedrela* en Surinam. Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Capacitación e Investigación (Venezuela) 46-48:57-86.
- VEGA, L. 1981. Efecto de la poda en el crecimiento y recuperación de la forma del tallo de *Cedrela*. Revista Forestal Latinoamericana. Instituto Forestal Latinoamericano de Capacitación e Investigación (Venezuela) 1:79-97.
- VEGA G., L.E. 1987. Crecimiento del cedro *Cedrela odorata* manejado en fajas de rastrojo y en el asocio inicial con cultivos. CONIF Informa (Colombia) 10:3-19.
- WEAVER, P.L.; BAUER, G.P. 1986. Growth, survival and shoot borer damage in mahogany plantings in the Luquillo Forest in Puerto Rico. Turrialba (Costa Rica) v.36 (4):509-522.
- WHTIMORE, J.L. 1971. *Cedrela* provenance trial in Puerto Rico and St. Croix: nursery phase assesment. Turrialba (Costa Rica) 21(3):343-348.
- \_\_\_\_\_. 1976a. Myths regarding *Hypsipyla* and its host plants. In Whitmore, J.L. (Ed). Studies on the shootborer *Hypsipyla grandella* (Zeller) Lep. Pyralidae. IICA Miscelaneous Publication No. 101. Turrialba, Costa Rica. v 3. p. 54-55.
- YAMAZAKI, S.; TAKETANI, A.; FUJITA, K.; VASQUES, C.; IKEDA, T. 1990. Ecology of *Hypsipyla grandella* and its seasonal changes in population density in Peruvian amazon forest. JARQ (Japan) 24(2):149-155.
- ZOBEL, B.; TALBERT, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Trad. por Manuel Guzmán D. México. LIMUSA. 545 p.

A N E X O S

**Cuadro 1a. Arboles no atacados por *H. grandella* en el ensayo de San Francisco La Palmera, San Carlos.**

BLOQUE	FAMILIA	ARBOL	BLOQUE	FAMILIA	ARBOL	BLOQUE	FAMILIA	ARBOL
I	Talamanca110	1	IV	Carmona5	1	VIII	Cobano206	1,2
I	Cañas15	2	IV	Hojancha13	2	VIII	Hojancha13	1
I	Hojancha12	2	IV	Cobano203	2	VIII	Venezuela1	2,3
I	Hojancha13	1	IV	Talamanca111	1	VIII	Sancarlos2	1
I	Hojancha3	1	IV	Sancarlos19	3	VIII	Carmona7	3
I	Sancarlos2	1	IV	Carmona6	1	VIII	Cañas1	1
I	Cobano206	3	IV	Upala139	1	VIII	Hojancha11	1
I	Cañas17	3	IV	Hojancha4	2,3	VIII	Cañas16	1,3
			IV	Carmona10	2	VIII	Pacificosur214	2
II	Pacificosur214	2	IV	Talamanca110	3	VIII	Cañas17	2,3
II	Carmona5	2,3	IV	Carmona7	3	VIII	Cañas14	3
II	Hojancha4	1,2	IV	Guapiles101	1	VIII	Cobano203	2
II	Hojancha11	3	IV	Cañas14	1	VIII	Guapiles104	3
II	Cañas17	1,3				VIII	Hojancha12	1,2
II	Sancarlos22	3	V	Hojancha13	2	VIII	Hojancha3	1,3
II	Cobano203	1	V	Cañas14	2	VIII	Cañas15	2
II	Cañas16	1,2	V	Sancarlos22	1	VIII	Carmona6	2,3
II	Cañas14	1,3	V	Hojancha11	1	VIII	Carmona10	1,2
II	Guapiles105	1	V	Cañas16	1	VIII	Guapiles105	3
			V	Cañas17	1,3	VIII	Guapiles102	2
III	Venezuela1	2	V	Hojancha4	3			
III	Cañas17	1,2				IX	Cañas17	3
III	Sancarlos2	1,3	VI	Carmona6	1	IX	Cañas16	1
III	Hojancha3	3	VI	Pacificosur215	3	IX	Sancarlos19	2
III	Cobano202	3	VI	Venezuela1	1	IX	Pacificosur214	3
III	Cañas1	2	VI	Sancarlos2	3			
III	Carmona7	2,3	VI	Carmona7	2	X	Carmona5	3
III	Hojancha12	2,3	VI	Carmona5	1	X	Carmona6	3
III	Cañas16	1	VI	Carmona10	1	X	Cañas17	1,3
III	Hojancha4	1,2	VI	Guapiles102	1	X	Hojancha13	3
III	Hojancha3	2				X	Cobano201	3
III	Hojancha11	2	VII	Cañas16	3	X	Hojancha12	2
III	Carmona10	3	VII	Cañas15	2	X	Guapiles101	1
III	Talamanca109	3	VII	Hojancha3	2,3	X	Talamanca108	2
III	Cobano206	3	VII	Cañas1	3	X	Venezuela1	1
			VII	Cañas17	2	X	Hojancha11	1,2
			VII	Hojancha11	2	X	Cañas16	1,3
			VII	Cobano203	2	X	Hojancha3	1
			VII	Carmona10	2,3	X	Hojancha4	1,2,3
			VII	Carmona5	1,3	X	Talamanca110	3
			VII	Carmona6	2			
			VII	Cañas14	2			

**Cuadro 1b. Identificación de árboles con recuperación de categoría 3. San Francisco La Palmera, San Carlos.**

BLOQUE	FAMILIA	ARBOL	BLOQUE	FAMILIA	ARBOL	BLOQUE	FAMILIA	ARBOL
I	Talamanca110	1	III	Cañas14	2	VI	Talamanca109	3
I	Guapiles101	3	III	Talamanca108	3	VI	Carmona6	2
I	Pacificosur215	2	III	Pacificosur215	1	VI	Pacificosur215	1
I	Guapiles102	1	III	Guapiles104	1	VI	Cobano201	1
I	Sancarlos21	2				VI	Upala133	1
I	Upala139	3	IV	Sancarlos18	1,2,3	VI	Sancarlos22	2
I	Pacificosur214	2	IV	Cobano207	3	VI	Talamanca112	2
I	Carmona10	1	IV	Pacificosur215	3	VI	Cañas1	2
I	Venezuela1	3	IV	Guapiles105	2	VI	Venezuela1	3
I	Sancarlos18	1	IV	Cañas16	1	VI	Cañas15	3
I	Hojancha13	2	IV	Cañas17	1	VI	Cobano203	1
I	Cañas1	3	IV	Cobano203	3	VI	Sancarlos21	1
I	Upala134	3	IV	Talamanca111	3	VI	Talamanca108	2
I	Talamanca108	2,3	IV	Guapiles103	2,3	VI	Guapiles103	3
I	Hojancha3	2	IV	Sancarlos19	2	VI	Talamanca111	1,2
I	Cañas16	2	IV	Talamanca109	2,3	VI	Carmona5	2
I	Carmona5	1	IV	Upala139	2	VI	Carmona10	2,3
I	Sancarlos19	3	IV	Venezuela3	1	VI	Guapiles102	3
			IV	Talamanca108	2			
II	Guapiles103	3	IV	Cobano206	3	VII	Hojancha4	1
II	Guapiles104	3	IV	Talamanca110	1	VII	Talamanca108	3
II	Talamanca109	2	IV	Cañas1	2	VII	Pacificosur214	2
II	Guapiles101	2,3	IV	Cañas14	3	VII	Guapiles105	3
II	Sancarlos19	1	IV	Hojancha12	1	VII	Cañas17	3
II	Talamanca112	2	IV	Guapiles104	1,2	VII	Guapiles103	3
II	Upala134	3				VII	Pacificosur215	3
II	Sancarlos2	2	V	Carmona7	2,3	VII	Venezuela1	3
II	Cañas17	2	V	Cobano207	1	VII	Cobano201	2
II	Sancarlos22	2	V	Sancarlos19	3			
II	Sancarlos18	2	V	Sancarlos2	1,2	VIII	Sancarlos18	1
II	Cobano207	2	V	Sancarlos21	3	VIII	Venezuela1	1
II	Guapiles105	3	V	Cobano202	2	VIII	Carmona5	1
			V	Pacificosur215	3	VIII	Cañas16	2
III	Guapiles101	3	V	Sancarlos22	2	VIII	Pacificosur214	1
III	Upala134	1,2	V	Venezuela1	3	VIII	Talamanca112	2
III	Sancarlos22	1,2,3	V	Talamanca108	2	VIII	Cañas14	1
III	Hojancha13	2	V	Cañas17	2	VIII	Cobano203	1
III	Cobano203	2	V	Guapiles103	2	VIII	Carmona6	1
III	Sancarlos21	1,2	V	Hojancha12	3	VIII	Carmona10	3
III	Hojancha12	1	V	Cañas1	3	VIII	Talamanca109	3
III	Guapiles103	2	V	Pacificosur214	3	VIII	Guapiles101	2
III	Sancarlos18	1,2				VIII	Guapiles102	3
III	Hojancha11	3						
III	Upala133	1,2						





