



# Variación en resistencia de *Cedrela odorata* al ataque de *Hypsipyla grandella*

Julio Lopez, Luis F. Jara, Francisco Mesén

## RESUMEN

El presente estudio fue dirigido a analizar la variación en resistencia y capacidad de recuperación a nivel de procedencias, familias y clones de *Cedrela odorata* al ataque de *Hypsipyla grandella* en dos sitios de la región Atlántica de Costa Rica. Se determinó la existencia de variación en resistencia al ataque del barrenador, tanto a nivel de procedencias y familias en San Carlos, Alajuela, como a nivel de clones, en Turrialba, Cartago. Las procedencias y familias de la zona seca del Pacífico presentan mayor resistencia al ataque del barrenador que las de la zona húmeda del Atlántico; sin embargo, estas últimas mostraron mejor crecimiento. En relación con capacidad de recuperación no se encontraron diferencias. En ambos ensayos solamente un 10% de los árboles presentó una recuperación considerada como deseable, caracterizada por la producción de un brote dominante, que sustituyó al original y continuó el crecimiento normal del árbol; el 90% restante mostró una alta proliferación de brotes como respuesta al ataque, o bien no se recuperaron.

## SUMMARY

**Variation in *Cedrela odorata* resistance to *Hypsipyla grandella* attack.** This study was conducted to assess variation in resistance and recovery capacity of *Cedrela odorata* to *Hypsipyla grandella* attack at the provenance, family and clonal levels in two sites of the Atlantic region of Costa Rica. Variation in resistance to shootborer attack was found in both sites: at the provenance and family levels in San Carlos, Alajuela and at the clonal level in Turrialba, Cartago. Provenances and families from the Pacific dry region showed higher resistance to the shootborer attack than those from the Atlantic humid region; however, the later presented higher growth rates. There were no differences concerning recovery capacity. Only 10% of all the trees showed a desirable recovery in both sites; the remaining 90% presented high proliferation of shoots as a consequence of the attack or no recovery at all.

**Palabras clave:** *Cedrela odorata*; genotipos; *Hypsipyla grandella*; insectos dañinos del tallo; resistencia a las plagas; zona atlántica; Costa Rica.

*Cedro* (*Cedrela odorata*), es una especie de amplia distribución en América Latina, catalogada como madera preciosa y considerada de suma importancia económica, por ser muy cotizada en el mercado mundial. *C. odorata* está incluida en la lista de especies prioritarias, razón por la cual la conservación, los estudios de variabilidad genética, la propagación y uso sostenible de la especie, cobran importancia.

No obstante, un aspecto negativo en el desarrollo de las plantaciones de esta especie forestal es el daño que causa el barrenador (*Hypsipyla grandella*), el cual produce túneles en los brotes terminales, provocando la destrucción del meristemo apical y la proliferación subsecuente de ejes, (Figura 1). Esto retarda el crecimiento e induce a malformaciones en los árboles, los cuales usualmente producen bifurcaciones y/o ramificación excesiva (Newton 1990). Esto provoca un severo deterioro en la calidad y cantidad de madera aprovechable en forma de troza, y por lo tanto, en el valor económico de la cosecha final.

En los últimos años el control químico y biológico del ataque de *H. grandella*, así como su manejo silvicultural, han sido objetivo de intensos estudios. Ninguno de estos enfoques, ha producido una base clara para manejar al barrenador, por lo cual se justifica la búsqueda de medidas alternativas.

No se han efectuado investigaciones dirigidas a determinar la ocurrencia de resistencia al ataque de *H. grandella* en poblaciones naturales, aún cuando la presencia de compuestos tóxicos en las plantas sugiere la posibilidad de que existan individuos o poblaciones tolerantes (Newton 1990). En consecuencia, existe poca información relativa al uso de Meliáceas resistentes a esta plaga, como una posible solución al problema.



Debido a ésta y otras problemáticas a las que se enfrenta el ser humano, el Proyecto Mejoramiento Genético Forestal del CATIE, se ha enfocado, desde 1990, a producir investigaciones, y por tanto, resultados, que proporcionen datos que ayuden a subsanar este vacío. En este sentido se han establecido, manejado y avaluado ensayos de cedro dirigidos a enfrentar con conocimiento técnico diferentes problemas que se pueden dar en el campo. En este artículo se da a conocer el estudio, de la variación de *C. odorata* al ataque de *H. grandella*, realizado en 1996.

Los objetivos de la investigación:

- Estudiar la variación en resistencia y capacidad de recuperación a nivel de procedencias, familias y clones de *C. odorata* al ataque de *H. grandella*, en dos sitios de la región húmeda de Costa Rica.
- Identificar genotipos que manifiesten resistencia al ataque de *H. grandella* y promover su propagación para una segunda fase de comprobación en el campo.

### Metodología

#### Experimento de procedencias y familias

Mediante registros mensuales se evaluaron 10 procedencias y 41 familias, entre diciembre de 1995 a julio de 1996. De las procedencias evaluadas, nueve son de Costa Rica (Cañas, Carmona, Cóbano, Guápiles, Hojanca, Pacífico Sur, San Carlos, Talamanca y Upala), y una de Venezuela. El ensayo se estableció en setiembre de 1994, en San Francisco La Palmera, cantón de San Carlos, provincia de Alajuela, dentro de la zona de vida del bosque muy húmedo tropical (Holdridge 1979), con una temperatura media anual de

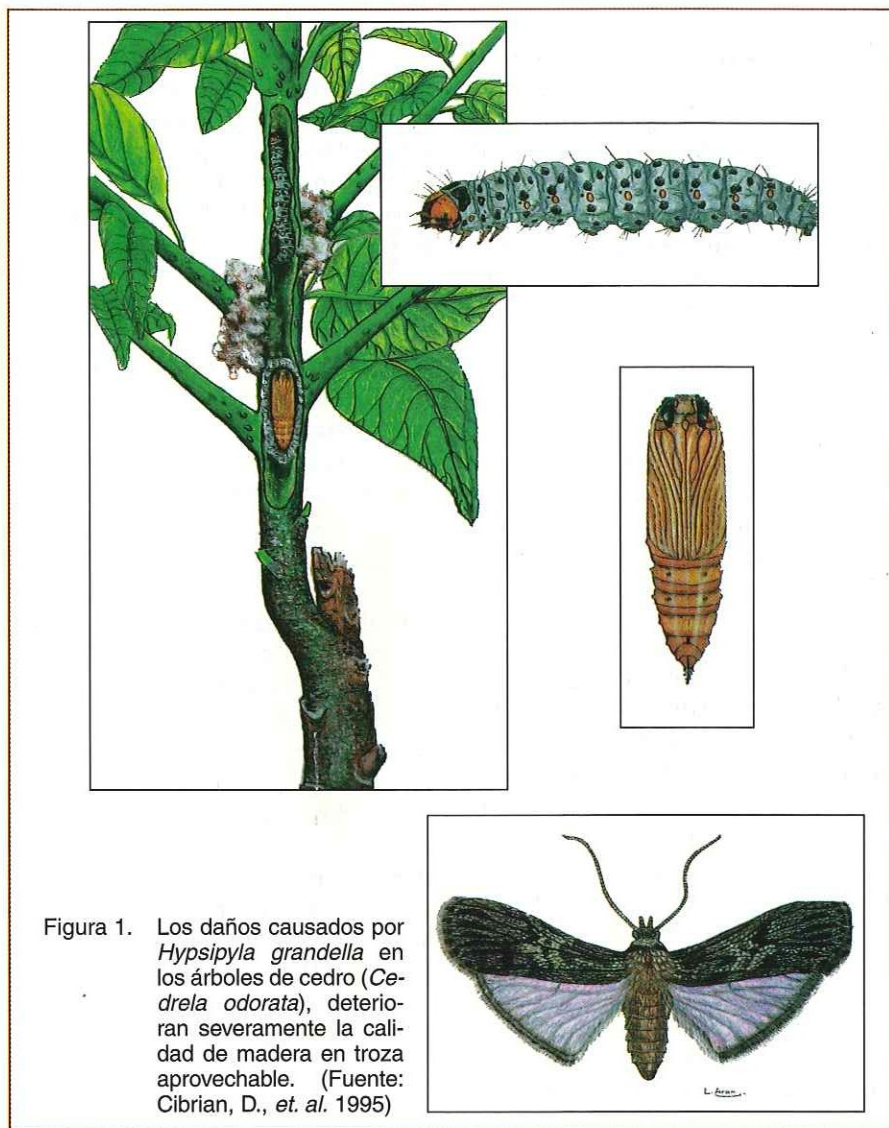


Figura 1. Los daños causados por *Hypsipyla grandella* en los árboles de cedro (*Cedrela odorata*), deterioran severamente la calidad de madera en troza aprovechable. (Fuente: Cibrian, D., et. al. 1995)

23,5°C y 2 800 mm de precipitación anual. El ensayo fue establecido según un diseño de bloques completos al azar, con 41 tratamientos, 10 repeticiones, y parcelas de tres árboles por familia.

#### Experimento de clones

Se evaluaron un total de 18 clones y tres procedencias, entre diciembre de 1995 y agosto de 1996 mediante registros mensuales. Dos procedencias son originarias de Costa Rica (Cañas y San Carlos) y una de Trinidad y Tobago (Trinidad). El ensayo se estableció en la Finca Cabiria del

CATIE, en el cantón de Turrialba, provincia de Cartago, dentro de la zona de vida del bosque premontano muy húmedo (Holdridge 1979). La zona tiene una temperatura media anual de 21,7°C y 2 593 mm de precipitación anual. El ensayo fue establecido de acuerdo con un diseño de bloques completos al azar con 18 tratamientos, 10 repeticiones, y parcelas de un árbol cada una.

Las variables evaluadas fueron: altura total (cm); frecuencia de ataques (total de oportunidades en que se presentó el ataque); intensidad de ataques (número

total de ataques registrado en los árboles) y capacidad de recuperación. En este caso la capacidad de recuperación permitió evaluar la respuesta de los árboles al ataque. 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 lo cual, se definieron las siguientes categorías:

- R0** : no hubo recuperación
- R1** : ningún brote dominó claramente sobre otros
- R2** : un brote líder dominó sobre otros
- R3** : hubo un único brote

Las variables se evaluaron mediante análisis de varianza, así como la prueba de ámbitos múltiples de Duncan (Snedecor y Cochran 1967), para identificar las diferencias entre tratamientos. Los datos para frecuencia e intensidad de ataques, registrados como conteos, se transformaron mediante la fórmula  $\sqrt{x+0,5}$ , previo al análisis. En el caso de la recuperación se aplicó la prueba de Friedman (Steel y Torie 1988) para diseños de bloques aleatorios, mediante la cual se transformaron los valores categóricos a ámbitos dentro de los bloques, y posteriormente analizados mediante análisis de varianza.

## Resultados y discusión

### Prueba de procedencias y familias

#### Altura total (cm)

Hubo diferencias entre procedencias. A los 20 meses y bajo las condiciones de este sitio, la procedencia Upala mostró el mejor promedio en altura, superando en 18% a la procedencia local San Carlos y en 24% al promedio de las cinco mejores procedencias.

San Carlos fue superior en 5% al promedio de las cinco mejores procedencias, y en 1% al promedio de las de la zona atlántica. La de Hojancha presentó el menor promedio de altura, siendo superada en 237% por la mejor (Upala).

A los 20 meses, las procedencias del Atlántico (Upala, San Carlos, Guápiles y Talamanca) fueron superiores en 57% en altura respecto de las de la zona seca (Cañas, Hojancha, Cóbano y Carmona). Cornelius (1995) evaluó en este mismo ensayo el comportamiento en altura de tres procedencias de la zona atlántica (San Carlos, Talamanca y Guápiles) y tres de la zona seca (Cañas, Hojancha y Carmona). El estudio 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 del Atlántico.

Cuadro 1. Altura media (cm) por procedencia de *C. odorata*. San Francisco La Palmera, San Carlos, Costa Rica.

Procedencia	Altura (cm)	Duncan*
Upala	241,40	a
San Carlos	204,84	b
Venezuela	187,71	bc
Pacífico Sur	174,14	c
Talamanca	164,01	cde
Guápiles	159,75	de
Cóbano	140,83	ef
Cañas	120,76	fg
Hojancha	101,71	g
p = 0,0001 media = 157,24 cm		

#### Frecuencia de ataques

Hubo grandes diferencias ( $p \leq 0,01$ ) entre procedencias. En el Cuadro 2 se presentan los valores medios para frecuencia de ataques por procedencia.

Las procedencias de la zona seca (Hojancha, Cañas, Carmona y Cóbano), presentaron menor frecuencia promedio de ataques. La procedencia Hojancha presentó la menor frecuencia, aproximadamente dos veces menos que el promedio del ensayo y cuatro veces menos que la procedencia con el promedio más alto (Upala). El promedio de Hojancha fue mejor en 28% que el promedio de las cuatro mejores procedencias.

Considerando el promedio de la prueba como criterio de comparación, hubo dos grupos bien diferenciados sobre y bajo el promedio (Cuadro 2). Por debajo del promedio se ubican las procedencias Hojancha, Cañas, Carmona, Cóbano y Venezuela. De estas, excluyendo la procedencia Venezuela, todas pertenecen a la zona del pacífico seco, mientras que las procedencias con valores superiores al promedio, con excepción del pacífico sur, pertenecen a la zona atlántica.

Cuadro 2. Frecuencia promedio de ataques por procedencia de *C. odorata*. San Francisco La Palmera, San Carlos, Costa Rica.

Procedencia	Frecuencia de ataques	Duncan*
Hojancha	1,90	d
Cañas	2,22	dc
Carmona	2,28	dc
Cóbano	2,76	c
Venezuela	3,50	b
Pacífico Sur	4,80	a
San Carlos	5,02	a
Talamanca	5,26	a
Guápiles	5,34	a
Upala	5,50	a
p = 0,0001 media = 3,8		

#### Intensidad de ataques

Hubo diferencias altamente significativas entre procedencias. En el Cuadro 3, se presentan los promedios de intensidad de ataques por procedencia.

De manera similar a la frecuencia de ataques, las procedencias Hojancha, Cañas, Carmona y Cóbano, presentaron los promedios más bajos en intensidad de ataques, es decir, que fueron menos susceptibles al ataque de *H. grandella*. El promedio para el experimento fue de 4,09 ataques, mientras que el promedio para las mejores cuatro procedencias (todas de la zona seca) fue de 1,92 ataques; es decir, 2,17 ataques menos, para una diferencia en intensidad de 113 por ciento.

La procedencia de Hojancha sobresalió al presentar la menor intensidad de ataques. Este promedio fue mejor en 30% que el promedio de las mejores cuatro procedencias, y 75% al promedio de la de San Carlos.

Las procedencias de la zona atlántica de Costa Rica, aunque fueron superiores en altura, presentaron los mayores promedios en intensidad de ataques; es decir, fueron más susceptibles; asimismo, presentaron las mayores frecuencias. 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, tienen una tasa de producción de follaje menor. Al respecto Cornelius (1996) indica que los árboles más altos presentan mayor cantidad de sitios atractivos para la oviposición de *H. grandella*.

La procedencia de Upala, que mostró la mayor altura, tuvo el mayor promedio para intensidad de ataques (7,4), y el mayor promedio para frecuencias de ataques (5,5).

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. Por lo tanto, la producción de dichos compuestos dependería 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 hospedante.

Cuadro 3. Intensidad de ataques por procedencia de *C. odorata*. San Francisco La Palmera, San Carlos, Costa Rica.

Procedencia	Intensidad de ataques	Duncan*
Hojancha	1,48	d
Carmona	1,74	d
Cañas	1,98	d
Cóbano	2,47	d
Venezuela	3,75	c
Pacífico Sur	4,98	b
San Carlos	5,78	b
Guápiles	5,87	b
Talamanca	6,11	b
Upala	7,38	a

p = 0,0001 media = 4,09

### Recuperación

La capacidad de recuperación se refiere a la tolerancia de los árboles al ataque de *H. grandella*. La tolerancia se refiere al grado al que un árbol puede crecer en presencia de una plaga o ambiente adverso manteniendo, a pesar de ello su valor económico (Zobel y Talbert 1988).

No hubo diferencias entre los genotipos evaluados; o sea, las procedencias mostraron un patrón similar de recuperación. El 70% de los árboles mostraron un patrón de recuperación entre las categorías 1 y 2, (Figura 2), es decir que respondieron al ataque emitiendo más de un brote, lo que puede provocar en el futuro bifurcaciones y deformación de los árboles. Solamente el 12% mostró una recuperación deseable, con un solo brote dominante, que sustituirá al eje principal, y continuará el desarrollo del árbol.

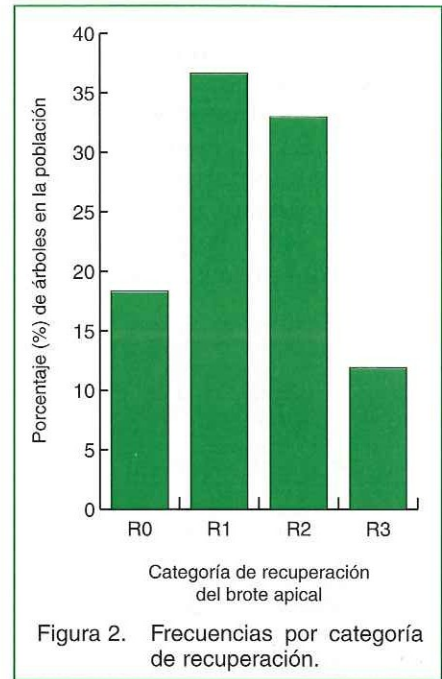


Figura 2. Frecuencias por categoría de recuperación.

### Ensayo de clones

#### Altura total

Hubo diferencias ( $p \leq 0,01$ ) entre clones, (Cuadro 4). El clon 2002-1 presentó el mejor promedio en altura, siendo superior en 37,3% al promedio del ensayo, y en 8% al de los cinco mejores clones. Es interesante observar que los clones 2002-1 y 2002-2, así como el 1998-x, pertenecen a la procedencia Trinidad, que presentó el mejor promedio entre procedencias. Los clones 2004-4 y 2005-3 (procedencia San Carlos) tuvieron los promedios más bajos en altura.

#### Frecuencia de ataques

El análisis de varianza mostró que el efecto de los clones en relación con la frecuencia de ataques es altamente significativo. De esto se puede inferir que *H. grandella* mostró preferencia por algunos clones. El interés en este caso es identificar aquellos clones que presenten las menores frecuencias de ataque. Los clones 2006-2 y 2003-3, presentan la me-



nor frecuencia de ataques (1,1), Cuadro 5, lo que representa una diferencia de 66% respecto del clon con la frecuencia mayor (2007-4). En relación con el promedio del experimento, éstos clones, presentan una diferencia de 39%, y 14,5% respectivamente respecto del promedio de los cin-

Cuadro 4. Altura media (cm) por clon de *C. odorata* en la Finca Cabiria, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

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

p = 0,0001 media = 145,48 cm

Cuadro 5. Frecuencia de ataques por clon de *C. odorata*, Finca Cabiria, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

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

p = 0,0005 media = 1,82

co mejores (1,29), todos de San Carlos.

A pesar de que a nivel de procedencias no existen diferencias estadísticas, los cinco clones con menores promedios pertenecen a la procedencia San Carlos. Es interesante observar que el clon 2007-4, que presentó el mayor promedio en relación con la frecuencia de ataques, también pertenece a ésta procedencia; esto posiblemente, por su mayor crecimiento y producción de follaje nuevo.

### Intensidad de ataques

El análisis estadístico muestra diferencias altamente significativas. Los ocho clones de la procedencia San Carlos presentaron los menores promedios para intensidad de ataques. El clon 2003-3 tiene el promedio inferior con 2,2 ataques (Cuadro 6). El promedio de este clon presentó una diferencia de 31,3% respecto del promedio de los cinco mejores clones (2,91), y una diferencia de 80,4% respecto del clon con el mejor promedio (1999-1). El clon 1999-1 (Trinidad) presentó el promedio superior en intensidad de ataques; la diferencia con el clon 2003-3 fue de ocho ataques (80,4%).

En relación con el promedio del ensayo, 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 por ciento. De manera similar que para la frecuencia de ataques, los clones con los menores promedios en intensidad pertenecen a la procedencia San Carlos, mientras que los clones con la mayor intensidad de ataque pertenecen a la procedencia Trinidad. Esta situación está relacionada con la tasa de crecimiento de los árbo-

les, pues según parece, en esta etapa se manifiesta una relación directa entre altura y ataques.

Cuadro 6. Intensidad de ataques por clon de *C. odorata*, Finca Cabiria, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

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
2012-1	Cañas	4,67	edcb
2002-1	Trinidad	5,40	edcb
2007-4	San Carlos	5,50	edcb
2005-2	San Carlos	5,89	edcd
2005-4	San Carlos	5,90	edcb
2000-1	Trinidad	6,10	dcb
1998-x	Trinidad	6,11	dcb
2004-4	San Carlos	6,80	cb
2002-2	Trinidad	7,50	ba
1999-1	Trinidad	10,20	a

p = 0,0001 media = 5,1

### Recuperación

En cuanto a la capacidad de recuperación, el análisis de varianza no mostró diferencias entre genotipos, o sea, que a los 20 meses, la capacidad de recuperación a nivel de clones es similar. El 46% de los árboles muestran una recuperación de acuerdo con un patrón caracterizado por la producción de muchos brotes como respuesta al ataque del barrenador, 10% de los árboles presentó una recuperación mediante un brote líder, que sustituyó al original, y un 44% de los árboles no mostró ninguna recuperación, (Figura 3).

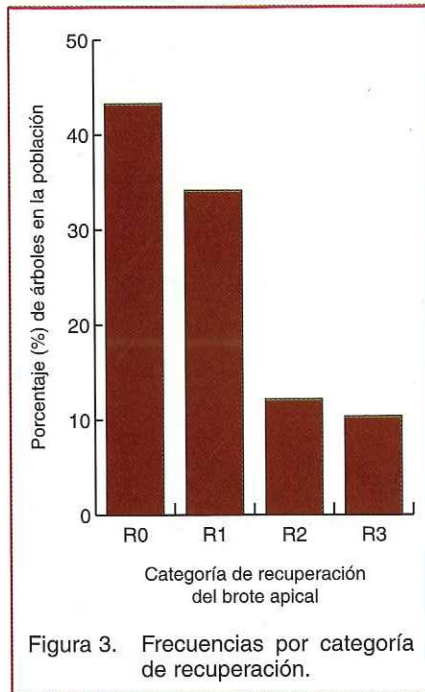
### Conclusiones

- Existe variación en resistencia al ataque de *H. grandella*. Los genotipos de la zona seca (Hojanca, Carmona, Cañas y Cóbano) de Costa Rica mostraron mayor resistencia al ataque de

*H. grandella* que los genotipos de la zona atlántica. Sin embargo, en crecimiento las procedencias de la zona atlántica fueron superiores.

- 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. No obstante, deberá 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*.
- En los ensayos de clones, 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 ataque, lo que indica que fue más susceptible a *H. grandella*, pero al mismo tiempo mostró el mayor crecimiento en altura total.
- Algunos clones (2006-2, 2003-3 y 2003-4) de San Carlos, presentaron las frecuencias e intensidades de ataque más bajas, pero ninguno mostró resistencia en términos absolutos. Por otro lado, otros clones de la misma procedencia presentaron las frecuencias e intensidades más altas, indicando una alta variación entre individuos.

- En cuanto a la capacidad de recuperación no se encontraron diferencias entre los clones evaluados; la aparente resistencia mostrada por algunos de estos genotipos de cedro, dependerá del restablecimiento de un brote apical vigoroso que continúe el crecimiento del árbol.



**Agradecimientos:** La investigación fue financiada por el Departamento Británico de Desarrollo Internacional (DFID, anteriormente ODA) a través del Proyecto CATIE-ITE.

Julio López Páyes  
 Instituto Nacional de Bosques  
 7ª Av. 12-90 Zona 13  
 Ciudad de Guatemala  
 Guatemala  
 Tel.: (502) 472 08 14  
 Fax: (502) 472 08 12

Luis Fernando Jara  
 Francisco Mesén  
 PROSEFOR  
 CATIE, 7170, Turrialba, Costa Rica  
 Tel.: (506) 556 1933  
 Fax: (506) 556 7766  
 E-mail: ljara@catie.ac.cr  
 E-mail: fmesen@catie.ac.cr

**Nota de la Editora:** El presente artículo forma parte de la Tesis presentada, en 1996, por Julio López Páyes, para optar al grado M.Sc. del CATIE.

### Literatura citada

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 (C.R.) no. 12:6-8.

CORNELIUS, J. 1996. Formas de ataque de *Hypsipyla grandella*. Comunicación personal. Turrialba, Costa Rica.

GARA, R.I.; ALLAN, G.G.; WILKINS, R.M.; WHITMORE, J.L. 1975. Comportamiento del barrenador de las Meliaceae *Hypsipyla grandella* Zeller (Lepidoptera Phycitidae) durante su vuelo y selección del hospedero. Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación (Ven.) 49:37-49.

GRIJPMMA, P. 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 Ed. by J. Burley; B.T.Styles. Tropical Trees, variation, breeding and conservation. G.B. Academic Press. p.69-79.

HOLDRIDGE, L. R. 1979. Ecología basada en zonas de vida. IICA, San José, C.R., 216 p.

NEWTON, A. 1990. Selección por resistencia al perforador de las Meliaceas. Noticiario Mejoramiento genético y semillas forestales para América Central (C.R.) 5:4-7.

STEEL, R.G.; TORRIE, T.H. 1988. Bioestadística. Principios y procedimientos. 2 ed. México. D.F., Méx. McGraw-Hill. 622 p.

SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. 1967. Statistical methods. 7. ed. Iowa, EE.UU., Iowa State University Press. 593 p.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Trad. por Manuel Guzmán O. México, D.F., Méx. LIMUSA. 545 p.