

Cuadernillo n° 4  
Año 2009

ISSN 1851-4103

*Bases genéticas de la resistencia de los  
árboles a las plagas*  
Mario Pastorino

Serie Técnica:

**Manejo Integrado de Plagas Forestales**

José Villacide y Juan Corley (editores)

Laboratorio de Ecología de Insectos  
EEA INTA Bariloche



Ediciones

Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria



CAMBIO RURAL



---

# ***Bases genéticas de la resistencia de los árboles a las plagas***

---

**Dr. Mario Pastorino**

**Unidad de Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal**

**INTA EEA Bariloche**

E-mail: [mpastorino@bariloche.inta.gov.ar](mailto:mpastorino@bariloche.inta.gov.ar)

Serie técnica: “*Manejo Integrado de Plagas Forestales*”

Cambio Rural – Laboratorio de Ecología de Insectos

INTA EEA Bariloche

Villacide, J.M. y J.C. Corley (eds.)

Cuadernillo n° 4, Mayo de 2009

ISSN 1851-4103

*La reproducción total o parcial de este material queda sujeta a la aprobación del cuerpo editorial y de los autores.*

- 1** *Introducción*
- 2** *Mecanismos de resistencia*
- 3** *Bases Genéticas de la Resistencia*
  - 3a. Resistencia vertical*
  - 3b. Resistencia horizontal*
- 4** *Manejo de plagas a través de la resistencia genética de los árboles*
- 5** *Consideraciones finales*
- 6** *Glosario técnico*
- 7** *Listado de recursos en Internet*
- 8** *Referencias*

---

## **Resumen**

---

Los árboles poseen una diversidad de mecanismos de resistencia contra las plagas que los afectan. Muchos de los caracteres involucrados en esos mecanismos están en gran parte regulados genéticamente. Esto permite predecir su herencia y consecuentemente utilizarlos en programas de manejo de plagas. Según el tipo y el grado de control genético de la resistencia pueden implementarse diversas estrategias. Las más simples se refieren a la selección de la especie o las procedencias menos susceptibles. Las más costosas van desde la selección recurrente de genotipos resistentes hasta la ingeniería genética para introducir en el genoma de los árboles de interés genes de otras especies que otorgan la resistencia deseada. El manejo de plagas por resistencia genética no es un camino viable para todas las especies, pero siempre debe ser una alternativa a considerar en un programa de manejo integrado de plagas.

---

## 1 *Introducción*

---

La susceptibilidad de un árbol al ataque de una plaga está básicamente dada por (1) la condición fisiológica en la que se encuentre y (2) por condiciones intrínsecas al individuo. En el primer caso, la respuesta no será la misma si se trata de un árbol vigoroso creciendo en un sitio sin condiciones limitantes, o si en cambio está estresado por factores bióticos (por ejemplo enfermedades) o

abióticos (por ejemplo falta de humedad o nutrientes). En el segundo caso, aún en individuos creciendo bajo las mismas condiciones, se verifica una respuesta diferencial que está dada por características inherentes a cada uno de los individuos, las que están en gran medida reguladas genéticamente. Este segundo caso es entonces la temática del presente artículo.

---

## 2 *Mecanismos de Resistencia*

---

Los árboles poseen una variedad de mecanismos de resistencia, desde muy generalistas (o sea contra una gran diversidad de potenciales atacantes) a muy específicos, los que a su vez pueden describirse según el perjuicio que causan sobre las plagas como antixenóticos o antibióticos, según influyan en el comportamiento de los insectos o afecten su supervivencia o desarrollo. Las defensas pueden alojarse en todo el árbol o en órganos específicos particularmente expuestos a los ataques, y comúnmente se las clasifica como físicas o químicas.

Así, entre las defensas físicas encontramos a la dureza de las hojas o la presencia de pelos o gruesas capas de cera en ellas, lo que puede dificultar el movimiento de los insectos, su forrajeo u oviposición. También cuentan algunos árboles con gruesas cortezas que pueden afectar de similar manera a los insectos. Algunas de estas defensas tienen funciones adicionales, como evitar el daño por distintos agentes abióticos, por ejemplo las radiaciones ultra violeta de los rayos solares, los incendios o la

excesiva evapotranspiración en ambientes de alta demanda atmosférica.

Las defensas químicas actúan ahuyentando a la plaga o intoxicándola. La intoxicación puede resultar letal para la plaga o puede afectar su desarrollo o impedir su reproducción. Estas defensas están representadas principalmente por compuestos producidos por el metabolismo secundario, o sea aquellos que no son esenciales para el normal funcionamiento de las plantas, sino que cumplen funciones complementarias para mejorar sus chances de supervivencia y reproducción. Entre ellos encontramos algunos altamente específicos y que poseen un gran efecto a bajas concentraciones (por ejemplo alcaloides, glicósidos cianogénicos y otros compuestos nitrogenados), por lo que se denominan defensas cualitativas, pero que están presentes mayormente en herbáceas. Entre los árboles encontramos más frecuentemente compuestos carbonados de espectro más generalista (por ejemplo terpenos y polifenoles), y que tienen efectos

dependientes de la dosis, por lo que se los considera defensas cuantitativas.

Los mecanismos de defensa también pueden clasificarse en resistencias preformadas o inducidas. En el primer caso entran todos los mecanismos de resistencia física y aquellos de resistencia química dados por la presencia permanente de los compuestos activos en las concentraciones adecuadas de defensa. La mayoría de los mecanismos de defensa de los árboles entran en este grupo. En algunas especies la alta concentración de ciertos metabolitos secundarios que cumplen funciones de defensa preformada permite el aprovechamiento industrial de los mismos (ver Recuadro 1).

Las hojas de las coníferas contienen resinas, cuyos ácidos diterpenos actúan como un efectivo disuasivo contra los insectos en general. Las de los eucaliptos cuentan con glándulas secretoras de terpenoides, y las de los sauces contienen altas concentraciones de glicósidos fenólicos.

En la madera la concentración de nitrógeno es baja, lo cual la vuelve un pobre recurso alimenticio para la mayoría de los insectos, los que además no poseen la capacidad de digerirla. Sin embargo algunos insectos asociados simbióticamente con hongos taladran los troncos aun de los árboles vivos para pasar la etapa larvaria de su ciclo de vida en su interior. En esta simbiosis el hongo que transportan los insectos cumple la función de degradar la celulosa de la madera permitiendo así su digestibilidad para los insectos. La avispa barrenadora de los pinos, *Sirex noctilio*, es un ejemplo de este procedimiento que también se verifica en muchos escarabajos "taladros" (ver Cuadernillos 1 y 3 de esta Serie Técnica).

El flujo de savia abundante en la periferia de los troncos de los árboles

vigorous también representa una barrera al ingreso de plagas y patógenos. Sin embargo, árboles estresados (por eventos anormales o por la simple sequía estival) ofrecen puntos de debilidad en esta barrera, por lo que en algunos casos resultan determinantes los mecanismos de defensa preformada en madera. Las especies forestales de ciclos cortos tienden a invertir pocos recursos en la defensa de sus troncos, como es el caso de álamos y sauces; la baja densidad de su madera es un reflejo de su reducida concentración en compuestos secundarios. En cambio, las especies longevas destinan gran cantidad de sus recursos a la producción de defensas químicas preformadas otorgándole una alta densidad a sus maderas. La mayor concentración de estos compuestos defensivos se verifica en los individuos maduros hacia el centro del tronco, en los vasos que cesan en su función de conducción, formando lo que se denomina duramen, que en contraposición a la albura es notoriamente más oscuro. Esto se observa claramente en muchas especies, entre ellas los *Nothofagus*. La defensa preformada característica de las coníferas es la resina, que se aloja en ampollas o en canales resiníferos por donde fluye hasta las heridas provocadas por el ataque.

Las resistencias inducidas involucran una verdadera respuesta de la planta al ataque, la cual puede ser rápida, o sea en el término de la misma estación de crecimiento, o lenta, produciendo de este modo un efecto sobre la población del insecto más que sobre el propio individuo atacante. La producción secundaria de resina a través de canales resiníferos traumáticos es un tipo de resistencia inducida. Otro tipo de respuesta es la que busca circunscribir el ataque a través de una reacción necrótica de las células afectadas y las de su alrededor. En un ataque al tallo pueden cerrarse las heridas por

formación de peridermis, y si la herida es profunda se forman callos (una abundante proliferación celular).

Existen casos en los que se considera a la resistencia inducida como una respuesta hipersensible. En ellas la planta reacciona en el sitio de ataque con una respuesta morfológica, histológica y bioquímica que determina la muerte del tejido atacado incrementando la concentración de metabolitos secundarios, tales como fitoalexinas, lo que conduce al aislamiento, inactivación y muerte del agente invasor. Este tipo de reacción es la respuesta primaria de algunas plantas

resistentes frente a patógenos como hongos, bacterias y virus. Sin embargo, más recientemente se ha reportado este mecanismo frente a insectos galígenos. Por ejemplo, resulta fácilmente observable en hojas del arbusto *Bauhinia brevipes* que frente a ataques del díptero *Contarinia* sp, algunos individuos reaccionan formando una mancha circular amarronada alrededor del sitio donde penetra la larva atacante, donde posteriormente no se verifica la formación de la agalla propia de esta plaga (Cornelissen & Fernández 1997).

***Recuadro 1: Metabolitos secundarios: de mecanismo de resistencia a materia prima industrial***

El aprovechamiento industrial de ciertos metabolitos secundarios relacionados con mecanismos preformados de resistencia es ampliamente extendido en algunos árboles. Entre los más difundidos están los aceites esenciales de hojas de eucaliptos y las resinas extraídas de troncos de pinos, que en ocasiones pueden tener mayor valor económico que la propia madera cosechada al final de un ciclo de aprovechamiento (por ejemplo en *Pinus pinaster* en algunas poblaciones naturales de España). Existen algunos casos emblemáticos en los que se involucran intereses económicos de importancia mundial. Uno de ellos es el aprovechamiento del tanino del duramen de nuestros quebrachos colorados: *Schinopsis balansae* y *Schinopsis lorentzii*. Se denomina taninos a ciertos compuestos fenólicos solubles en agua que tienen propiedades curtientes, ya que reaccionan con las proteínas de colágeno presentes en las pieles de los animales, uniéndolas entre sí de tal forma que se aumenta la resistencia de la piel al calor, a la putrefacción por agua, y al ataque por microbios. Las propiedades curtientes del quebracho fueron descubiertas en el año 1867 por un curtidor francés, Emilio Poisier, que vivía en Argentina. Para el año 1895 los extractos de quebracho ya se exportaban a Europa y unas décadas más tarde se transformaron en el extracto vegetal más utilizado en el mundo. Resulta paradójico que el compuesto que vuelve prácticamente imputrescible a la madera del quebracho otorgándole una resistencia única ha sido el causante de la extrema reducción de sus bosques por sobreexplotación durante la primera mitad del siglo XX. Es que el quebracho tiene una concentración de taninos elevadísima, con rendimientos que superan el 25 % de su madera. Esto lo volvió un recurso estratégico en el mundo, concentrado en Argentina y Paraguay y manejado por capitales ingleses, hasta su sustitución por la *Acacia mearnsii*. El nivel de discrecionalidad con el que empresas como “La Forestal” manejaban las leyes en las regiones de aprovechamiento del quebracho llevó a hablar de un estado privado dentro del estado Argentino. Esta situación ha sido magníficamente reflejada en la película “Quebracho”, dirigida por Ricardo Wullicher y estrenada en Buenos Aires en 1974.

*Continúa recuadro1.*

Otro caso ejemplificador es el de los extractos naturales obtenidos del nim (*Azadirachta indica*), árbol de la India cuyo cultivo se ha difundido en todos los continentes. Los extractos de nim actúan sobre los insectos como antialimentario e inhibidor del crecimiento. Prolongan las etapas inmaduras ocasionando la muerte, disminuyen la fecundidad y la oviposición, reducen los niveles de proteínas y aminoácidos en la hemolinfa, e interfieren en la síntesis de quitina. En 1995 la Oficina Europea de Patentes (EPO) otorgó la patente de un producto fungicida derivado del nim al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y la compañía multinacional estadounidense WR Grace. El gobierno hindú reprobó la decisión de la EPO, reclamando que en la India se ha utilizado el nim desde hace 2 milenios. En el 2000 la EPO se inclinó a otorgarle la patente a la India, pero la WR Grace apeló reclamando que su uso tradicional nunca se ha publicado en ninguna obra científica. El 8 de marzo del 2005 la apelación fue rechazada y se liberó el aprovechamiento del nim al dominio público.



La alta concentración de taninos le otorga un característico color oscuro rojizo al duramen del quebracho, que con una densidad de más de 1,200 kg/dm<sup>3</sup> está entre las maderas más pesadas que se conocen.

---

### **3. Bases Genéticas de la Resistencia**

---

**3a. Resistencia vertical.** Algunos mecanismos de resistencia hipersensible son regulados por un único gen (o unos pocos), al que se denomina “gen mayor”, ya que por sí solo controla el fenotipo. A este tipo de resistencia se la llama “vertical”, y es de herencia Mendeliana, o sea que cumple las simples leyes de la herencia descubiertas por Mendel.

La resistencia vertical se verifica casi exclusivamente frente a patógenos, por ejemplo hongos. La planta resistente posee un gen alelo dominante de resistencia que le permite reconocer la proteína producida por el gen

dominante de la virulencia del patógeno, desencadenando una reacción defensiva que produce la rápida muerte de las células alrededor del sitio de infección causando una pequeña lesión pero impidiendo la enfermedad. Se establece entonces una interacción gen-por-gen entre huésped y hospedador (Tabla 1). Este tipo de control genético produce sólo dos fenotipos extremos: el resistente y el susceptible, según esté presente o no el alelo de resistencia en el árbol y el alelo de virulencia en el patógeno.

**Tabla 1:** Interacción gen-por-gen en un sistema planta-patógeno. R y r son los alelos para resistencia y susceptibilidad, mientras V y v son los alelos para avirulencia y virulencia. Las mayúsculas indican una relación intragénica de dominancia completa. Los + indican una interacción compatible, o sea la expresión de enfermedad, mientras los – representan el fracaso de la infección. Los árboles con genotipo RR o Rr tienen la capacidad de reconocer la señal de ataque que envían los patógenos con genotipo VV o Vv de tal modo que desencadenan el mecanismo de defensa. Sin embargo, cuando el patógeno es vv no envía la señal y el ataque no es reconocido aún cuando el árbol posea el mecanismo de defensa (genotipos RR y Rr), por lo que la enfermedad prospera.

Genotipo del patógeno	Genotipo del árbol		
	RR	Rr	rr
VV	-	-	+
Vv	-	-	+
vv	+	+	+

**3b. Resistencia horizontal.** Sin embargo la mayoría de los mecanismos de resistencia de los árboles presentan una gradación en su expresión fenotípica, lo que permite reconocer individuos de distinto nivel de resistencia o susceptibilidad. Estos mecanismos están regulados por múltiples genes, cada uno de los cuales sigue obviamente las leyes de la herencia, pero en conjunto provocan una expresión de variación continua del carácter siguiendo la clásica curva acampanada de distribución normal. Los fenotipos totalmente susceptibles y los totalmente resistentes son los extremos de baja frecuencia de esa curva. A este tipo de resistencia se la denomina “horizontal”.

Cada uno de los genes involucrados en un mecanismo de resistencia horizontal tiene un efecto aditivo (que se suma de gen a gen) pero además se dan relaciones intergénicas (epistáticas) y también intragénicas (de dominancia entre alelos) que en conjunto con los

efectos aditivos gobiernan la expresión y herencia del carácter.

Para estudiar los caracteres poligénicos se utiliza la genética cuantitativa, cuya base conceptual queda expresada simbólicamente a través de la siguiente ecuación:

$$P = G + E$$

donde: P es el valor del fenotipo o expresión observable del carácter, G es la componente genética que lo regula y E la ambiental que lo modula.

De aquí se extrae que:

$$V_p = V_g + V_e$$

o sea que la variación observable del carácter ( $V_p$ ) está determinada por la variación de la componente genética ( $V_g$ ) y la de la componente ambiental ( $V_e$ ).

A su vez, según lo explicado anteriormente, la  $V_g$  se descompone en los subcomponentes de efectos aditivos ( $V_{ga}$ ) y no aditivos ( $V_{gna}$ ). Los efectos no aditivos cambian de una generación a la siguiente según se combinen los efectos de cada gen involucrado en el carácter al momento de fusionarse las gametas en la generación de un nuevo individuo. Esta nueva combinación de genes sucede al azar, y por lo tanto no puede predecirse. En cambio, la componente aditiva de la varianza genética se pasa de progenitores a hijos en forma directa, y entonces puede predecirse su herencia. De aquí que pueda estimarse la heredabilidad ( $h^2$ ) de un carácter desde los progenitores hacia su descendencia. Esta se calcula como la proporción de la varianza fenotípica ( $V_p$ ) que está determinada por la varianza genética aditiva ( $V_{ga}$ ):

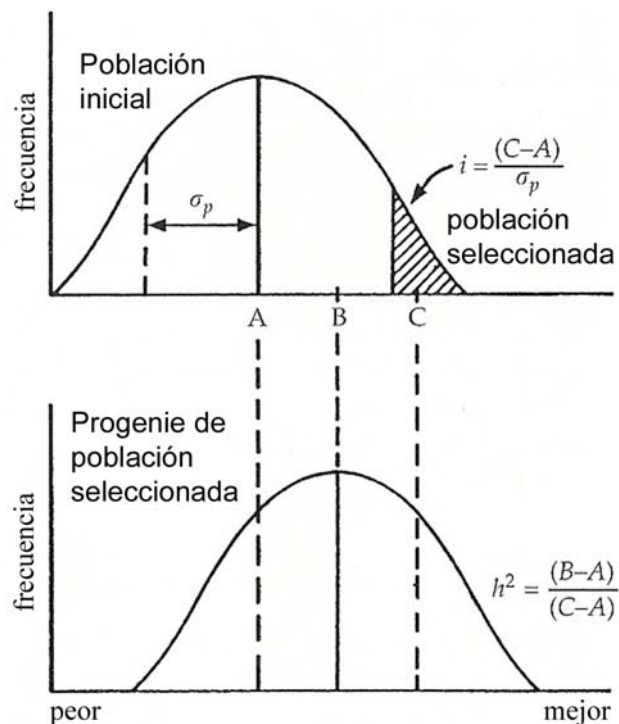
$$h^2 = V_{ga} / V_p$$



La varianza fenotípica ( $V_p$ ) es simplemente la varianza del carácter, y puede estimarse fácilmente de la variabilidad de los datos muestrales. La varianza genética aditiva requiere la instalación de un ensayo con individuos cuyas relaciones de parentesco sean conocidas. Los modelos más utilizados son los de progenitores y su descendencia, los de hermanos completos y los de medios hermanos. En forestales, dada la poca disponibilidad de pedigrees por la gran extensión de sus ciclos de vida y las dificultades en los cruzamientos controlados, el modelo más frecuente es el de medios hermanos por polinización abierta. Simplemente requiere que se recolecten las semillas de árboles semilleros en forma separada, y que

luego se continúen manejando separadamente en la cría en vivero y posterior plantación. Como las plantas resultantes de esas colecciones de semilla no provienen de cruzamientos controlados, y siendo sólo la madre segura y el padre desconocido, todos los individuos son al menos medios hermanos (un porcentaje variable por especie y población será de hermanos completos, o sea individuos que comparten madre y también padre). A través de un clásico análisis de la varianza (ANOVA), puede estimarse cuánto de la variación total se debe a la componente familiar, de donde se deriva la varianza genética aditiva.

**Figura 1:** Esquema de selección recurrente en un programa de mejoramiento genético clásico para un carácter con distribución normal. La población inicial tiene una media  $A$  del carácter de interés. Sobre ella se seleccionan individuos conformando una población seleccionada cuya media es  $C$ . La descendencia de esa población seleccionada tendrá otra vez una distribución normal, pero ahora su media será  $B$ . La ganancia genética esperada será la diferencia entre  $B$  y  $A$ , que será igual al producto de la intensidad de selección  $i$  (medida en unidades de desvío estándar), la heredabilidad  $h^2$  y el desvío estándar fenotípico  $\sigma_p$ .



---

## 4 Manejo de plagas a través de la resistencia genética de los árboles

---

En base a los conceptos antes vertidos concluimos que en ciertos casos es posible plantear una estrategia de manejo de plagas a través de alguna forma de selección del material genético a plantar. La estrategia a implementar dependerá del tipo de control genético sobre los caracteres de los árboles que determinan la resistencia a la plaga de interés.

Si la resistencia está determinada por un gen mayor, se pueden lograr altos niveles de resistencia en el cultivo por la propagación de los genotipos que con seguridad tendrán el gen de resistencia en su descendencia. Sin embargo la resistencia lograda es muy inestable y podría resultar perjudicial en el mediano plazo, ya que si el patógeno queda excluido en un 100 % de la posibilidad de infección, esto representaría una involuntaria presión de selección extrema sobre el patógeno, de tal modo que el surgimiento por mutación de una cepa con una nueva virulencia se establecería en forma inmediata saltando el mecanismo de resistencia de los árboles. Se recomienda entonces para estos casos intercalar en la plantación genotipos susceptibles, que de todos modos sufrirán un bajo impacto de la enfermedad puesto que el patógeno sufrirá una drástica reducción demográfica.

Si la resistencia es poligénica, el manejo adecuado en cambio se encaminará hacia la selección de los acervos genéticos con un grado de resistencia alto. La estrategia se basará en la existencia de variación genética en la regulación de la susceptibilidad a la plaga en cuestión. El primer paso de la estrategia será entonces verificar la existencia de esa variación, o sea

comprobar que así como existen individuos susceptibles existen otros que no lo son, o mejor dicho, son susceptibles pero en menor grado.

La variación en la susceptibilidad en primer lugar estará referida a diferencias entre especies. Así, la primera decisión de manejo puede pasar por la simple selección de la especie indicada. En Patagonia, por ejemplo, se ha observado que de las dos especies de pinos que pueden ser plantadas con fines comerciales en la franja de 800 a 600 mm de precipitación anual, el ponderosa (*Pinus ponderosa*) es menos susceptible que el murrayana (*Pinus contorta* var. *latifolia*) al ataque de *Sirex noctilio*. Dos especies muy emparentadas, entonces, con similares objetivos comerciales para sus plantaciones, ofrecen un comportamiento diferencial frente a una misma plaga.

El siguiente nivel de selección se referirá a los orígenes o procedencias de la especie, haciendo foco en la variación intra-específica (ver recuadro 2). Este tipo de variación es más esperable ser hallada en especies de amplia distribución, y la variación podrá describirse como “clinal”, si varía en forma continua a lo largo de algún gradiente ambiental, o “ecotípica”, si no sigue este patrón. El descubrimiento de procedencias resistentes comúnmente sucede en ensayos establecidos con fines distintos a los sanitarios, de forma generalmente fortuita por la ocurrencia al azar de un ataque de la plaga sobre los mismos.

La selección individual representa un nivel más fino de manejo de plagas a través de resistencia genética. Se trata de aplicar los métodos comúnmente utilizados para el mejoramiento

genético clásico representados básicamente por la selección recurrente (Figura 1). Lo que se logra es una población de producción de material de propagación (semillas) en la que se hallen en alta frecuencia los genes que aumentan la resistencia a la plaga. Esto es factible si la heredabilidad ( $h^2$ ) del carácter que otorga resistencia es al menos moderada y el mismo no presenta una correlación genética negativa con caracteres silvícolas de interés (por ejemplo crecimiento o forma). Sin embargo este procedimiento no resulta practicable para caracteres de resistencia que se expresan sólo en la fase adulta del árbol, salvo que se comprueben altas correlaciones con caracteres juveniles. En cambio, si el mecanismo de resistencia se refiere particularmente a la fase juvenil, la selección recurrente es viable.

Otra forma de selección individual se logra a través de la silvicultura clonal, o sea el establecimiento de las plantaciones en base a la propagación vegetativa de algunos genotipos selectos. Esto permite tener control no sólo sobre la porción aditiva de la varianza genética sino también sobre la

no aditiva, ya que nos aseguramos en la descendencia una copia exacta del genotipo seleccionado. Este tipo de manejo es el habitual para sauces y álamos, especies que naturalmente se propagan en forma vegetativa. Pero también se va imponiendo cada vez más en otras especies de cultivo industrial, como eucaliptos y pinos.

Por último puede mencionarse el uso de la ingeniería genética para producir organismos genéticamente modificados (GM). Un caso emblemático es la inserción del gen *cry* de la bacteria *Bacillus thuringiensis* en el genoma de algunas plantas superiores, entre ellas álamos. Este gen codifica para la producción de una proteína que tiene efectos insecticidas. De este modo la planta GM se vuelve inmune sin la necesidad de fumigaciones periódicas que además de costosas pueden resultar contaminantes. Sin embargo, como con la resistencia vertical, debe manejarse esta posibilidad con una visión de mediano plazo, ya que el salto de la resistencia a través de mutaciones naturales en la plaga podría provocar efectos catastróficos sobre el cultivo.

---

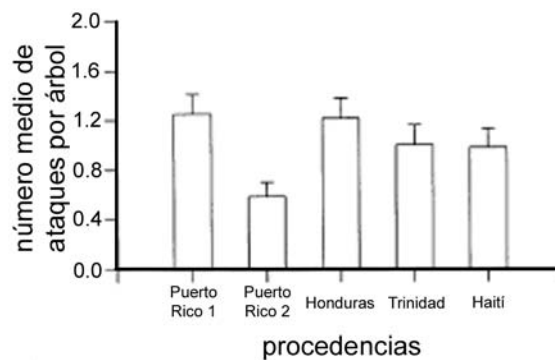
## 5 Consideraciones finales

---

El manejo de plagas forestales a través de la resistencia genética de los árboles puede implicar largos programas de selección recurrente o el manejo de técnicas tan sofisticadas como costosas. Sin embargo el beneficio de hallar un conjunto de individuos con un bajo nivel de susceptibilidad puede tener enormes beneficios, tanto económicos como ambientales. Toneladas de insecticidas pueden ahorrarse cuando extensas plantaciones son generadas a partir de material de propagación obtenido de esos individuos resistentes. Aunque no es un camino a seguir para todas las especies, en algunos casos el beneficio del largo plazo puede justificar ampliamente grandes inversiones en el presente. En todo caso, la resistencia genética debe ser siempre una de las alternativas a considerar en un programa de control integrado de plagas.

### **Recuadro 2: Variación intra-específica: procedencias resistentes**

Un ejemplo de gran importancia económica de la variación intra-específica en la resistencia a insectos lo representa el caso de las meliáceas (caobas y cedros) frente a la mariposita barrenadora del brote (*Hypsipyla grandella*), la principal limitante para su cultivo. Newton et al. (1999) encontraron en un ensayo de campo comparativo entre cinco procedencias de *Swietenia macrophylla* (caoba) que en el pico de ataque a las 60 semanas, una de Puerto Rico era significativamente menos atacada que las otras ensayadas. Asimismo, en un ensayo similar de *Cedrela odorata* (cedro) pero en el que se identificaron además las familias de polinización abierta constituyentes de cada una de las 5 procedencias puestas a prueba, hallaron que una de Costa Rica manifestaba menor susceptibilidad a *Hypsipyla* en el primer pico de ataque, a las 12 semanas de la plantación. Pero adicionalmente se verificó que la variación entre las familias también tenía un efecto significativo sobre la respuesta al ataque. Esto abre la posibilidad de seleccionar no sólo las procedencias sino también las familias con menor susceptibilidad.



Variación del número medio de ataques de *Hypsipyla* por árbol en *Swietenia macrophylla* en el pico de ataque a las 60 semanas de instalado el ensayo de campo.

---

## **6 Glosario**

---

*Herencia Mendeliana*: todos los genes cumplen con las leyes de la herencia descubiertas por Mendel (1: dominancia entre genes alelos, 2: segregación de los alelos de un mismo gen en la formación de gametas, y 3: segregación independiente de genes distintos). Sin embargo este término se utiliza para los caracteres gobernados por un solo gen, de tal modo que tienen una expresión cualitativa (presencia o ausencia de determinada expresión). En contraposición, los caracteres gobernados por múltiples genes tienen una expresión cuantitativa, o sea de grado de presencia de una determinada expresión.

*Insectos galígenos*: insectos que en su ataque a las plantas les provocan una reacción que induce a la formación de una agalla, dentro de la cual comúnmente pasan su etapa larvaria. Muchas veces estas agallas tienen el aspecto exterior de verdaderos frutos, como sucede en el coihue (*Nothofagus dombeyi*).

*Fenotipo*: aspecto observable de un individuo, que está determinado por condiciones intrínsecas al mismo (genotipo) y por condiciones ambientales que las modulan.

*Genotipo*: combinación única de información genética propia de cada individuo. Sólo individuos pertenecientes a un clon comparten un mismo genotipo.

---

## 7 Listado de recursos en Internet

---

[http://www.inta.gov.ar/bariloche/investiga/genetica\\_f.htm](http://www.inta.gov.ar/bariloche/investiga/genetica_f.htm)

Sitio web de la Unidad de Genética Ecológica y Mejoramiento Forestal del INTA EEA Bariloche. Aquí podrá conocer las actividades y publicaciones desarrolladas por este grupo.

<http://biologia.uab.es/base/base.asp?sitio=cursogenetica&anar=inici>

Sitio web donde se podrán profundizar sobre los conceptos básicos de la genética (ver sección “conceptos básicos”, y explorar otros recursos relacionados.

---

## 8 Referencias

---

Cornelissen TG & Fernandes GW. (1997) Plant hypersensitivity against tissue invasive insects: *Bauhinia brevipes* and *Contarinia* sp. interaction. In: The Biology of Gall-Inducing Arthropods. Eds.: Csóka G, Mattson W, Stone G & Price P, USDA General Technical Report NC 199.

Newton AC, Watt AD, Lopez F, Cornelius JP, Mesén JF & Corea

EA.,(1999) Genetic variation in host susceptibility to attack by the mahogany shoot borer, *Hypsipyla grandella* (Zeller). Agricultural and Forest Entomology 1: 11-18.

Wainhouse D. (2005). Ecological Methods in Forest Pest Management. Oxford University Press, 228 pp.

Serie Técnica  
Manejo Integrado de Plagas Forestales  
ISSN 1851-4103

Directores y Editores de la serie

José Villacide  
Juan Corley

Laboratorio de Ecología de Insectos  
EEA INTA Bariloche  
Centro Regional Patagonia Norte  
Modesta Victoria s/n (8400), San Carlos de Bariloche  
Río Negro, Argentina.

Tel/fax: (54-2944) 422731

[www.inta.gov.ar/bariloche/info/catalog/insectos\\_seriemip.html](http://www.inta.gov.ar/bariloche/info/catalog/insectos_seriemip.html)

E-mail: [jvillacide@bariloche.inta.gov.ar](mailto:jvillacide@bariloche.inta.gov.ar)

La edición de esta serie se hace mediante aportes del programa  
Cambio Rural y del proyecto PATNOR 810292

Ediciones

Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria



CAMBIO RURAL

