

CAPÍTULO 14

Defensas Naturales de la Yuca a las Plagas de Artrópodos¹

Paul-André Calatayud* y Diego Fernando Múnera**

Introducción

Las plantas superiores desarrollan mecanismos físicos y químicos para su defensa contra las plagas. Según el caso, estas defensas pueden estar dentro del vegetal sano o ser inducidas en él por el ataque del artrópodo. Estas defensas son variables y pueden ser modificadas por factores ecológicos.

Con más frecuencia, los mecanismos físicos están presentes en el vegetal sano, aunque en algunos casos, como en la formación de callo, pueden ser inducidos por la plaga. Estos mecanismos afectan mucho el establecimiento de un artrópodo en la planta, en especial, los aspectos del comportamiento de éste que prevalecen durante la elección que él hace de la planta hospedera y cuando se establece sobre ella.

La defensa química es el mecanismo más eficaz y frecuente en especies vegetales (Bell, 1974), ya que las sustancias del metabolismo secundario son las que ejercen mayor acción ambiental. Según Fraenkel (1969), estas sustancias son, principalmente, compuestos con una función de defensa y tienden a dar a la planta características repulsivas o tóxicas, lo que afecta el crecimiento de los insectos.

Se les atribuye a estas sustancias la calificación de secundarias porque cada familia está restringida a un grupo limitado de plantas y porque parece que éstas, generalmente, no intervienen en los procesos bioquímicos de base común en la mayoría de las plantas. Entre las sustancias secundarias se incluyen alcaloides, esteroides, terpenoides, compuestos fenólicos (flavonoides y taninos, entre otros), compuestos cianhídricos o algunos derivados azufrados (linamarina, glucosinolatos, etc.), y también otros compuestos orgánicos cuyas funciones metabólicas dentro de las plantas no están bien definidas (Robinson, 1974; Beck y Reese, 1976).

Whittaker (1970) propone el término *aleloquímico* para algunas sustancias secundarias que se definen, en las interacciones planta-insecto, como sustancias producidas por la planta y que afectan marcadamente el crecimiento, la supervivencia y el comportamiento o la biología del insecto. La producción de fitoalexinas (sustancias químicas sintetizadas por la planta e inducidas por la presencia de un cuerpo extraño a la planta, generalmente un microorganismo), compuestos atractivos, repulsivos, fagorepulsivos, inhibidores y compuestos tóxicos son algunos ejemplos de interacciones aleloquímicas.

En la literatura general se registra que *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae) presenta mecanismos físicos y químicos contra plagas de artrópodos.

Mecanismos Físicos

En la resistencia de la yuca contra especies de trips se demostró claramente que la pilosidad de

1. Este documento fue publicado en las Memorias del XXVII Congreso de SOCOLEN, 2000.

* Ph.D., Entomología, 206 Rue Du Grand Champ 34790 Grabels, Francia.

** Ingeniero agrónomo, Proyecto Entomología de Yuca, CIAT, Cali, Colombia. E-mail: difemusa@hotmail.com

la hoja contribuye a la defensa de la planta contra estos insectos y que un aumento de la pubescencia foliar permite un incremento de la resistencia de la yuca a los trips, ya que molesta sus procesos de establecimiento sobre plantas (Schoonhoven, 1974; Bellotti y Schoonhoven, 1978).

En el estudio de las interacciones de la yuca y el piojo harinoso *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrer (Homoptera: Pseudococcidae), se evidenció una reacción muy rápida y común en muchas especies vegetales: se trata de la formación de callo (polímero de $\beta(1,3)$ -D-glucopiranososa, Figura 14-1) al contacto de los estiletes del piojo (Calatayud et al., 1996). Esta reacción constituye una cicatrización del floema y, por ende, perturba la alimentación sostenida de este insecto floemófago.

Otro mecanismo físico de la planta, que molesta el comportamiento alimenticio de

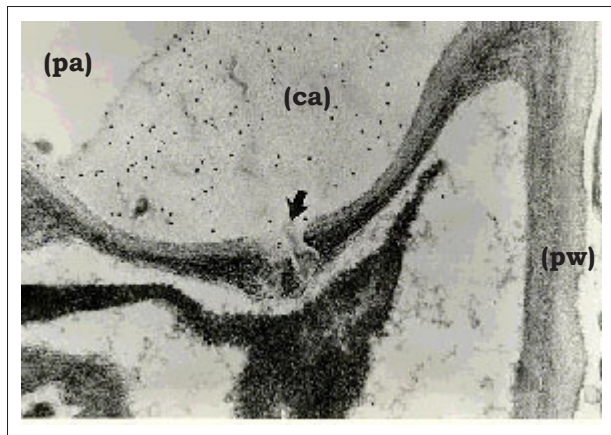


Figura 14-1. Microfotografía de un corte de tejido de hoja de yuca infestada por *Phenacoccus manihoti*. El corte (que muestra una célula del floema) fue tratado con el anticuerpo policlonal específico contra (anti-) la sustancia $\beta(1,3)$ -D-glucopiranososa, constitutiva del callo (ca). Esta reacción hace visibles las partículas de oro (puntos negros en el callo) que contiene el anticuerpo. El callo es una respuesta de la célula a la perforación que hizo el insecto (flecha negra) en su pared celular primaria (pw), con el fin de taponarla y evitar así el drenaje del plasmolema (pa) y la muerte de la célula. Estos elementos (callo, perforación, plasmolema) se encuentran en la zona de nutrición del insecto.

FUENTE: Calatayud y Múnera, 2000 (adaptado de Calatayud et al., 1996).

P. manihoti, es la pared vegetal. Un análisis de los compuestos secundarios presentes en los líquidos intercelulares de las hojas de yuca ha mostrado que los ácidos fenólicos están fuertemente implicados en el establecimiento del piojo harinoso sobre la planta (Calatayud et al., 1994a). Este resultado corrobora que los ácidos fenólicos, precursores de la síntesis de compuestos acoplados a pectinas de la pared vegetal, podrían constituir factores mayores de interacciones con las enzimas salivares del insecto y, por ende, molestar su comportamiento alimenticio.

Además, el nivel de estos ácidos fenólicos disminuye fuertemente durante épocas secas, lo que explica, en parte, el aumento de la población natural de *P. manihoti* en el campo durante la sequía (Calatayud y Le Rü, 1995).

Mecanismos Químicos

Una característica importante de la bioquímica de la yuca es la presencia de compuestos cianogénicos en hojas, tallos y raíces. En los tejidos vegetales, el grupo-CN está ligado con la D-glucosa en forma de glucósido cianogénico (Conn, 1980), principalmente, como se observa en la Figura 14-2, que ilustra la linamarina (Butler et al., 1965).

En una herida, los tejidos de yuca emiten el ácido cianhídrico (HCN). Esta propiedad, llamada cianogénesis, resulta particularmente de la acción de una enzima endógena (β -glucosidasa): la linamarasa (Figura 14-2, Conn, 1980). La cianogénesis, permitiendo la liberación de una molécula tóxica, constituye un sistema de protección de la yuca contra las plagas; sin embargo, tal protección no ha sido claramente demostrada (Hruska, 1988).

En las raíces, la cianogénesis puede constituir una defensa de la yuca contra la chinche de la viruela *Cyrtomenus bergi* Froeschner (Hemiptera: Cydnidae). En efecto, se demostró que el HCN liberado por el ataque de este insecto en las raíces juega un papel repulsivo y que variedades con bajos niveles de HCN sufren, generalmente, un ataque más severo del insecto que las variedades con altos niveles de HCN (Castaño et al., 1985; Bellotti y Riis, 1994; Riis, 1997; Bellotti et al., 1999).

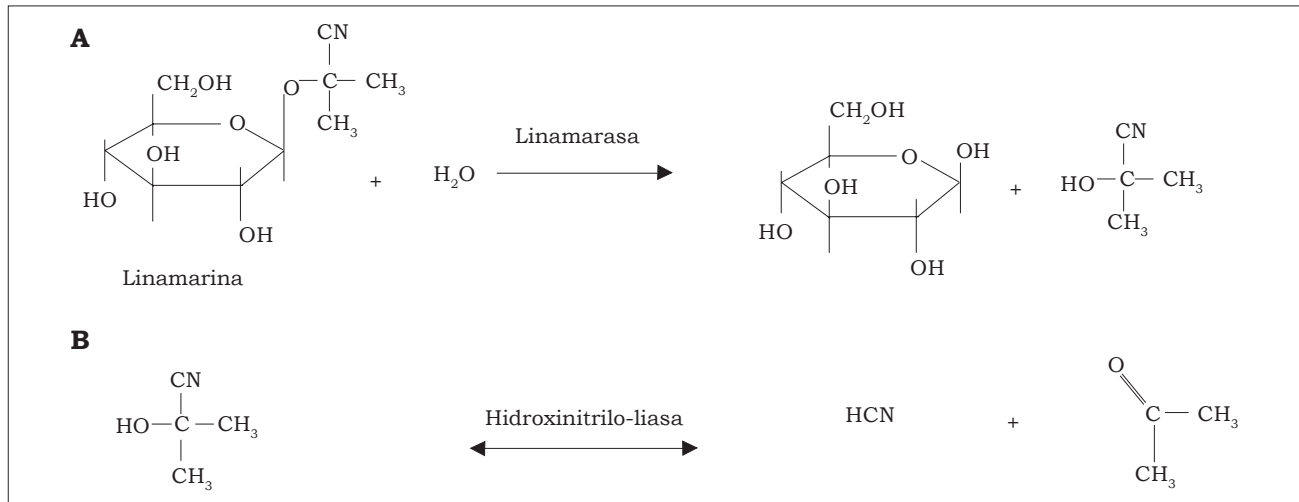


Figura 14-2. Fórmula química de la linamarina y esquema de la cianogénesis que permite la liberación de HCN por acción de la linamarasa (A) y de la hidroxinitrilo-liasa (B).

FUENTE: Calatayud y Múnera (2000).

Sin embargo, por varias razones la cianogénesis no constituye un mecanismo implicado dentro de la defensa de la yuca al piojo harinoso *P. manihoti*. La linamarina misma no es tóxica a *P. manihoti* y parece ser más un fagoestimulante (Calatayud et al., 1994a; 1994b; Calatayud, 2000).

En condiciones naturales, el insecto posee un complejo enzimático capaz de hidrolizar la linamarina (Calatayud et al., 1995); sin embargo, la linamarasa de *P. manihoti* no parece provenir del insecto mismo, sino de bacterias contenidas en su tracto digestivo (Calatayud, 2000). Los niveles de HCN que se pueden encontrar dentro de su tracto digestivo no son tóxicos al insecto, ya que posee un sistema eficaz de excreción o de detoxificación (Calatayud et al., 1994b).

Además, la localización en los tejidos vegetales de la linamarasa difiere de la de su sustrato; la linamarina (Pancoro y Hughes, 1992); esto, y el hecho de que los procesos de penetración de los estiletes de *P. manihoti* no inducen a casi ninguna herida (Calatayud et al., 1994a), hace poco probable la iniciación de la cianogénesis dentro de las interacciones yuca-piojo harinoso.

Aunque no se evidenciaron alcaloides en la yuca, algunos flavonoides glicosilados fueron

detectados (Calatayud et al., 1994b); entre ellos, la rutina (Figura 14-3), cuya ausencia en plantas es más significativa que su presencia (Harborne y Williams, 1975), demostró que afecta el crecimiento y desarrollo de *P. manihoti* (Calatayud et al., 1994b; Calatayud, 2000).

Además, se determinó que una de las respuestas de defensa de la yuca contra *P. manihoti* se manifiesta por un incremento del nivel de rutina. Este incremento varía según la

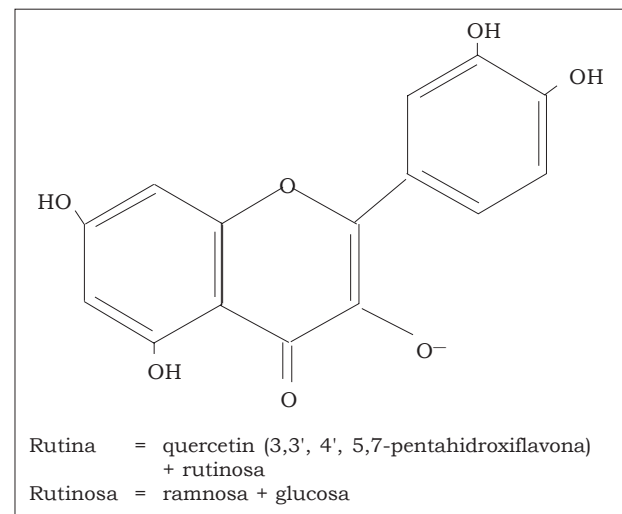


Figura 14-3. Fórmula química de la rutina.

FUENTE: Calatayud y Múnera (2000).

estación y es menos fuerte durante épocas secas, lo que explica, en parte, el aumento de la población natural de *P. manihoti* en el campo durante la sequía (Calatayud et al., 1994c). Sin embargo, el efecto negativo de la rutina sobre el crecimiento y el desarrollo de *P. manihoti* no parece resultar de una acción tóxica al insecto sino más de una acción fagorepulsiva.

Conclusiones

En *M. esculenta*, las defensas naturales a las plagas de artrópodos, descritas en la literatura, parecen afectar particularmente el establecimiento o la alimentación sostenida (fagorepulsivas) de la plaga en la planta por mecanismos de defensa física (pilosidad, producción de callo) o química (HCN, rutina).

Ningún ejemplo de la literatura general ha mostrado claramente un efecto tóxico de una variedad de yuca contra sus plagas o ha indicado la presencia de una molécula tóxica contra el desarrollo y crecimiento de ellas; esto se explica, en parte porque no se ha desarrollado mucho la resistencia varietal para controlar varias plagas de artrópodos de la yuca (Bellotti y Schoonhoven, 1978; Bellotti et al., 1999).

La búsqueda de moléculas tóxicas a plagas de la yuca debe ser realizada a partir de especies silvestres o de otras especies vegetales y de organismos vivos (p. ej., bacterias), para utilizarlas en un programa de ingeniería genética.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a Ana Milena Caicedo por su lectura crítica y sus sugerencias al manuscrito.

Bibliografía

Arias B. 1995. Estudio sobre el comportamiento de la "mosca blanca" *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Homoptera: Aleyrodidae) en diferentes genotipos de yuca, *Manihot esculenta* Crantz. Tesis (Maestría). Facultad de Agronomía, Universidad Nacional-sede Palmira, Colombia. 166 p.

- Beck SD; Reese JC. 1976. Insect-plant interactions: Nutrition and metabolism. En: Plant external aspect and chemical defense (biochemical interactions between plants and insects). Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Alemania. p. 1-40.
- Bell EA. 1974. Biochemical basis of resistance of plants to pathogens. Institute on Biological Control of Plant Insects and Disease, University Press, Cambridge, Inglaterra. p. 453-462.
- Bellotti AC; Schoonhoven A. van. 1978. Mite and insect pests of cassava. Annual Review of Entomology 23(1):39-67.
- Bellotti AC; Riis L. 1994. Cassava cyanogenic potential and resistance to pests and disease. En: International Workshop on cassava safety, Ibadan, Nigeria, marzo 1994. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 141-151.
- Bellotti AC; Smith L; Lapointe SL. 1999. Recent advances in cassava pest management. Annual Review of Entomology 44:343-370.
- Butler GW; Bailey RW; Kennedy LD. 1965. Studies on the glucosidase "Linamarase". Phytochemistry 4:369-381.
- Calatayud P-A; Rahbé Y; Tjallingii WF; Tertuliano M; Le Rü B. 1994a. Electrically recorded feeding behaviour of cassava mealybug on host and non-host plants. Entomologia Experimentalis et Applicata 72(3):219-232.
- Calatayud P-A; Rahbén Y; Delobel B; Khuong-Huu, F; Tertuliano M; Le Rü B. 1994b. Influence of secondary compounds in the phloem sap of cassava on expression of antibiosis towards the mealybug, *Phenacoccus manihoti*. Entomologia Experimentalis et Applicata 72(1):47-57.
- Calatayud P-A; Tertuliano M; Le Rü B. 1994c. Seasonal changes in secondary compounds in the phloem sap of cassava in relation to plant genotype and infestation by *Phenacoccus manihoti* (Homoptera: Pseudococcidae). Bulletin of Entomological Research 84:453-459.

- Calatayud P-A; Le Rü B. 1995. Potential biochemical mechanisms used by Congolese cassava to resist mealybug. En: Second International Scientific Meeting, Cassava Biotechnology Network, Bogor, Indonesia, agosto 1994. Documento de trabajo no. 150. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. v. 2, p. 485-500.
- Calatayud P-A; Rouland C; Le Rü B. 1995. Influence of linamarin in cassava-mealybug interactions. *Acta Botanica Gallica* 144(4):427-432.
- Calatayud P-A; Boher B; Nicole M; Geiger JP. 1996. Interactions between cassava mealybug and cassava: Cytochemical aspects of plant cell wall modifications. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 80:242-245.
- Calatayud P-A. 2000. Influence of linamarin and rutin on biological performances of *Phenacoccus manihoti* in artificial diets. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 26(1):81-86.
- Calatayud P-A; Múnera DF. 2000. Las defensas naturales en la yuca a las plagas artrópodos. En: Simposio Avances en el manejo de plagas. Memorias XXVIII Congreso de SOCOLEN, Medellín, julio 2000. Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN), Bogotá D.C., Colombia. p. 265-271.
- Castaño O; Bellotti AC; Vargas O. 1985. Efecto del HCN y de cultivos intercalados sobre daño causado por la chinche de la viruela *Cyrtomenus bergi* Froeschner al cultivo de la yuca. *Revista Colombiana de Entomología* 11(2):24-26.
- Conn EE. 1980. Cyanogenic compounds. *Annual Review of Plant Physiology* 31:433-451.
- Fraenkel G. 1969. Evaluation of our thoughts on secondary plant substances. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 12:473-486.
- Harborne JB; Williams CA. 1975. Flavone and flavonol glycosides. En: Harborne JB; Mabry TL; Mabry H (eds.). *The flavonoids*. Academic Press, Nueva York, E.U. p. 377-441.
- Hruska AJ. 1988. Cyanogenic glucosides as reference compounds: A review of the evidence. *Journal of Chemical Ecology* 14:2213-2217.
- Pancoro A; Hughes MA. 1992. *In situ* localization of cyanogenic β -glucosidase (linamarase) gene expression in leaves of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) using non-isotopic riboprobes. *Plant Journal* 2(5):821-827.
- Riis L. 1997. Behaviour and population growth of the burrower bug, *Cyrtomenus bergi* Froeschner: Effects of host plants and abiotic factors. Tesis (Ph.D). Royal Veterinary and Agricultural University, Department of Ecology and Molecular Biology, Copenhagen. 167 p.
- Robinson T. 1974. Metabolism and function of alkaloids in plants. *Science* 184:430-435.
- Schoonhoven A van 1974. Resistance to thrips damage in cassava. *Journal of Economic Entomology* 67(6):728-730.
- Whittaker RH. 1970. The biochemical ecology of higher plants. En: *Chemical ecology*. Academic Press, Nueva York, E.U. p. 43-70.