

DIAGNOSTICO Y ASPECTOS PRELIMINARES DE LA EPIDEMIOLOGIA DE LAS PUDRICIONES DEL FRUTO DE LA MACADAMIA (*Macadamia integrifolia*) EN TURRIALBA^{1/}

Daniel Zúñiga*
Edgar Vargas**
Gerardina Umaña**

ABSTRACT

Diagnosis and some preliminary observations of macadamia (*Macadamia integrifolia*) nuts rots in Turrialba. A preliminary study on the epidemiology of macadamia fruits rots was carried out in a plantation at Hacienda Atirro, Turrialba, province of Cartago, at 600 masl, and 1954 mm of annual rainfall. Sampling of nuts was done twice with two clones of *Macadamia integrifolia* (HAES 508 and HAES 660), at three different sites, between November 1985 and June 1986. In both sampling all stages of development of the nut were included. In young fruit (5-15 mm diameter), the fungi *Pestalotia* and *Phomopsis* were found, although their incidence was low.

In mature fruits, the yeast *Nematospora coryli* was found causing rotting. Its incidence was 7.8% for the first sampling and 7.5% for the second. In some cases, other microorganism were also present, such as *Pseudomonas* and *Xanthomonas* bacteria and the fungi *Phomopsis*, *Penicillium*, *Harpographium*. There was evidence that the yeast was transmitted by insects. Damage by insects in mature fruits not considering *Nematospora* transmission was higher (9.8% the first time and 88% the second) than damage by pathogens. Macadamia nut production can be economically affected by secking insects and pathogens when conditions are favorable for their attack or development.

INTRODUCCION

Las pudriciones del fruto de la macadamia (*Macadamia integrifolia*) se han considerado poco importantes a nivel internacional, probablemente

debido a que su frecuencia de aparición ha sido baja y el daño no ha afectado al cultivo en forma significativa y económica.

En Costa Rica, a pesar de que existen pocos estudios, se han encontrado diferentes patógenos del fruto que podrían en un futuro cercano, reducir en forma considerable la producción de nuez.

Vargas citado por Canet (1983) menciona como causantes de pudriciones a los hongos de los géneros *Diplodia*, *Fusarium* y *Nematospora coryli*. (Canet, 1983; BCCR, 1988), aunque también se ha mencionado a *Botryodiplodia* (E. Vargas y G. Umaña, 1985. Comunicación personal). Para estas pudriciones se informa de incidencias en nuez cosechada de 10,6% en una finca en Guápiles,

1/ Recibido para publicación el 8 de julio de 1987.

* Programa de Información Científica y Comunicación, Dirección General de Investigación y Extensión, MAG. La Sabana, San José, Costa Rica.

** Laboratorio de Fitopatología, Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

13,5% en Turrialba y hasta 90% o más de incidencia en algunas fincas de otros lugares como San Carlos y Orosi.

Lo anterior planteó la necesidad de estudiar el desarrollo de las pudriciones del fruto en sus diferentes estados fenológicos y relacionar la incidencia de cada uno de los patógenos con los factores climáticos.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo de campo del presente estudio se realizó en el distrito Oriente de Turrialba, provincia de Cartago, Costa Rica, específicamente en la Hacienda Atirro, lugar donde se encuentra una plantación de macadamia de 223 ha, de 7-9 años de edad, situada a unos 600 msnm, con una precipitación anual de 1954 mm y una temperatura media de 21,4°C. Según el esquema de Holdridge, el sitio se ubica en una zona de vida de bosque húmedo premontano. Las condiciones de clima durante el período de estudio se caracterizaron por una precipitación más baja durante noviembre y diciembre de 1985 y febrero, mayo y junio de 1986, comparada con el promedio de precipitación de estos meses durante los últimos 36 años. La temperatura media estuvo comprendida entre 19,7 (enero 1986) y 23,2°C (junio de ese mismo año).

El trabajo de laboratorio se llevó a cabo en las instalaciones de patología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica. Dicho estudio se inició en noviembre de 1985 y finalizó en julio de 1986.

Como material experimental se usaron frutos de macadamia de los clones HAES 508 y HAES 660, colectados en diferentes estados de desarrollo, comenzando desde los recién formados hasta los de cosecha.

Las prácticas de manejo agronómico de la plantación (combate de malezas, poda, cosecha, fertilización) fueron las de rutina en la finca.

Se escogieron tres lugares representativos de la finca, ubicados en una parte baja, media y alta. Una vez determinados los sitios de trabajo, se muestreó al azar mensualmente 50 árboles de cada clon. Se tomaron 10 frutos por árbol, para un total de 1000 frutos por zona y un gran total de 3000 frutos en toda la plantación; en todos los casos, con excepción de los frutos de cosecha, estos se tomaron de la periferia del árbol, sin tomar en cuenta

si se encontraban en la parte baja, media, interna o externa del mismo. Los frutos de cosecha fueron recogidos del área del suelo que se encontraba debajo de la fronda del árbol y cubierta por hojas secas.

Debido a que no se contó con un estudio previo de la fenología del fruto de macadamia, que permitiera dividir en forma sistemática las etapas de muestreo, se utilizaron ámbitos arbitrarios de tamaño que incluyeron frutos de 1 a 5 mm de diámetro, de 5 a 15 mm, de 15 a 35 mm (incluyendo frutos con concha dura y suave que se encontraban todavía en el árbol), y por último, frutos de cosecha. Cada rango de tamaño se muestreó consecutivamente, comenzando con el de 1 a 5 mm de diámetro hasta llegar al fruto de cosecha; esto se repitió en dos períodos de cuatro meses, el primero abarcó de noviembre de 1985 a febrero de 1986, y el segundo, de mayor producción, de marzo a junio de 1986.

Los frutos muestreados, se clasificaron en enfermos y sanos, para obtener así la incidencia como porcentaje de frutos enfermos. Para el primer ámbito (1 a 5 mm) sólo se evaluó daño externo debido al tamaño tan pequeño del fruto; para el segundo y tercer ámbito, se evaluó tanto el daño externo (cáscara) como el interno (nuez), y en el fruto de cosecha, solo se evaluó el daño en la nuez, ya que en este período, el daño externo de la cáscara es generalizado.

Los frutos enfermos se llevaron al laboratorio donde se efectuó su respectivo aislamiento y reconocimiento. Para esto se desinfectó la superficie del fruto o de la almendra enferma, según el caso, con una solución de hipoclorito de sodio al 1% por un minuto, se pasaron por agua estéril por cuatro minutos y finalmente se colocaron porciones de tejido afectado en cajas de Petri con el medio de cultivo PDA (papa, dextrosa, agar) sin acidificar, las cuales se rotularon e incubaron a 26°C. Una vez identificados los organismos, se efectuaron pruebas de patogenicidad y comprobación de los postulados de Koch.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los patógenos que se encontraron involucrados en las pudriciones del fruto fueron, los hongos *Pestalotia* spp., *Phomopsis* spp., *Nematospora coryli* y las bacterias de los géneros *Xanthomonas* y *Pseudomonas*. También se encontraron en una sola oportunidad a los hongos *Penicillium*,

Cuadro 1. Incidencia de pudriciones y daño de insectos en nueces de macadamia en Oriente de Turrialba, Costa Rica, de noviembre de 1985 a junio de 1986.

Muestreos	Incidencia (%)							
	Primer período				Segundo período			
	Nov. 85	Dic. 85	Ene. 86	Feb. 86	Mar. 86	Abr. 86	May. 86	Jun. 86
Tamaño de fruto	1-5 mm	5-15 mm	15-35mm	Cosecha	1-5 mm	5-15 mm	15-35mm	Cosecha
Agente causal								
<i>Pestalotia</i>	2,70	1,20	0	-	1,53	1,33	0	-
<i>Phomopsis</i>	0,57	0	0	-	0,53	0	0	-
<i>Nematospora coryli</i> (sola)	-	0	0	5,27	-	-	2,03	4,66
<i>N. coryli</i> (asociada)	-	0	0	2,50	-	0	0,10	0,70
<i>N. coryli</i> + <i>Xanthomonas</i>	-	0	0	1,63	-	0	0,10	0,37
<i>N. coryli</i> + <i>Pseudomonas</i>	-	0	0	0,60	-	0	0	0,10
<i>N. coryli</i> + <i>Phomopsis</i>	-	0	0	0,13	-	0	0	0,03
<i>N. coryli</i> + otros hongos	-	0	0	0,17	-	0	0	0,20
Total <i>N. coryli</i>	-	0	0	7,77	-		2,13	5,37
Pudrición general	3,27	1,20	0	7,77	2,06	1,36	2,13	5,37
Daño en cotiledón por insectos	-	0	0	9,77	-	0	2,67	6,13

(-) No se evaluó.

Harpographium y otros no identificados, a los cuales debido a su baja frecuencia de aparición, no se les efectuó prueba de patogenicidad.

Daños en frutos jóvenes

Pestalotia y *Phomopsis* produjeron una pudrición en la superficie del fruto pequeño. El daño de *Pestalotia* se presentó como una mancha pequeña, irregular, hundida, color negro opaco, sin una distribución determinada y con tendencias a penetrar la cáscara. La lesión de *Phomopsis* se caracterizó por estar distribuida en todo el fruto, el cual desarrolló una coloración pardo-verdosa, llegando a momificarse y caer.

Las pruebas de patogenicidad demostraron que tanto *Pestalotia* como *Phomopsis* son patógenos del fruto y pueden afectar nueces con o sin heridas y en cualquier estado de desarrollo, con excepción de los frutos fisiológicamente maduros. El período de incubación de estos hongos fue más corto

en frutos pequeños, por lo que el desarrollo de la enfermedad fue más rápido, lo que sugiere cierta resistencia del fruto a la infección a medida que crece; lo anterior se corroboró en el campo, al analizar la infección de los dos patógenos (Cuadro 1), pues se encontró que la incidencia de estos disminuyó conforme se muestrearon frutos de mayor tamaño. El hecho de no registrarse incidencia de estos microorganismos en frutos de más de 15 mm (Figura 1), se debió a que la fruta pequeña que fue afectada, se cayó.

En relación a la incidencia con las condiciones de clima, (Figura 1) se puede detectar una correlación entre la precipitación tanto de noviembre de 1985 como de marzo a abril de 1986, con una disminución de la incidencia de *Pestalotia* y *Phomopsis*.

Debido a la baja incidencia que presentaron estos patógenos, no se detectó diferencias en cuanto a la susceptibilidad entre los clones (Cuadro 2).

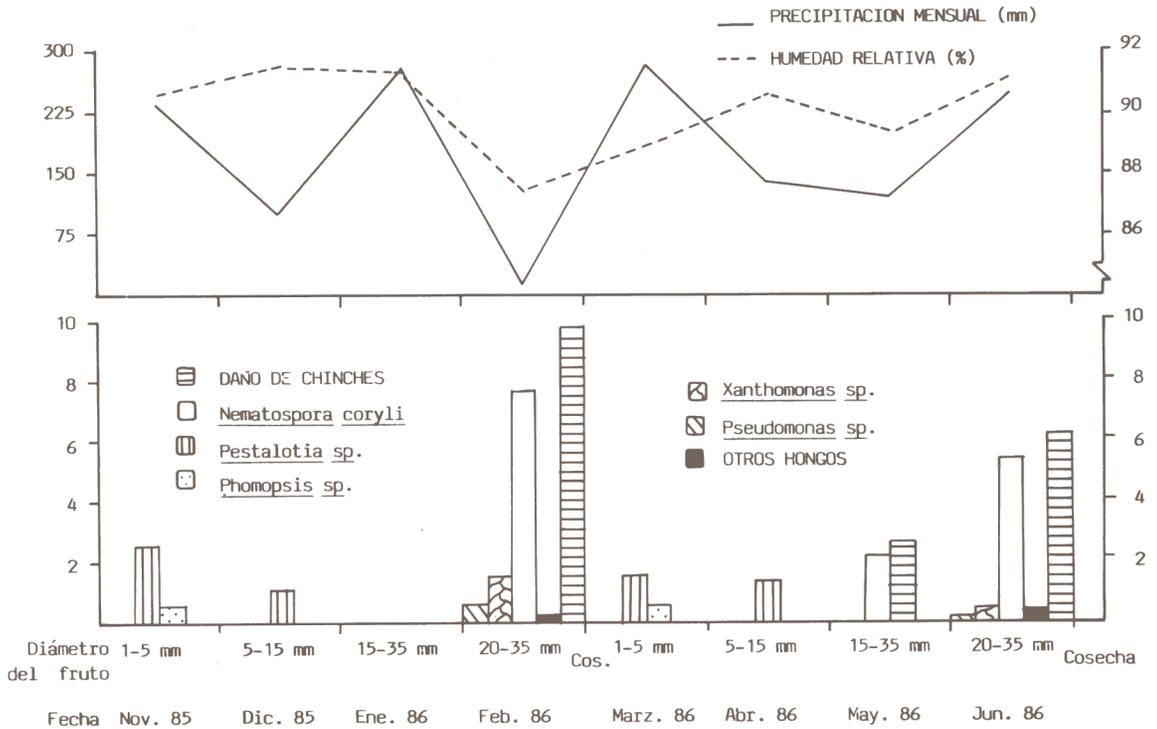


Fig. 1. Incidencia del daño por patógenos e insectos, comparado con la precipitación y la humedad relativa, de noviembre de 1985 a junio de 1986, en Turrialba, Costa Rica.

Daños en frutos maduros

En los cotiledones de frutos maduros, se encontró causando pudrición a *Nematospora coryli*, *Phomopsis* y a las bacterias de los géneros *Xanthomonas* y *Pseudomonas*; en la mayoría de los casos se encontró a *N. coryli* en combinación tanto con hongos como con bacterias; solo en una oportunidad se observó y no se comprobó la patogenicidad de los hongos *Penicillium*, *Harpographium* y otros que no fueron identificados. Además, se observó daño de insectos chupadores en los cotiledones de la nuez.

Nematospora Coryli

El daño de *N. coryli* se presentó en el cotiledón, primero como una mancha circular, blanca, ligeramente hundida, en algunos casos con un punto café en el centro, que correspondía a la herida dejada por el insecto vector en el momento de chupar (Figura 2). Posteriormente se presentaron dos tipos di-

ferentes de síntomas, en uno, el cotiledón perdió consistencia, tornándose pastoso y de color blanco cremoso, luego se transformó en una masa de apariencia algodonosa, hasta llegar al punto en que los cotiledones quedaban convertidos en polvo, con olor rancio. En el otro caso, a partir de la mancha hundida, se desarrollaba hacia el interior una lesión de coloración gris verdosa, la cual conforme avanzaba, iba deformando el cotiledón hasta quedar convertido en una delgada masa de tejido que en algunos casos, tomó una coloración café o lila. Fue muy común en este último caso, encontrar solo un cotiledón dañado.

En la parte exterior del fruto, en la mayoría de los casos, no se apreció ningún tipo de lesión, no obstante en la parte interna de la cáscara de frutos ligeramente inmaduros, se presentaron puntos café que coincidieron con las lesiones de levadura en el cotiledón. Esto parece indicar que la transmisión de *N. coryli* se podría llevar a cabo por medio de insectos vectores, probablemente de la familia Pentatomidae, al igual que en otros cultivos (CMI,

Cuadro 2. Incidencia de pudriciones por patógenos y daño por insectos, en nueces de macadamia de los clones 508 y 660, en Oriente de Turrialba, Costa Rica, de noviembre de 1985 a junio de 1986.

Muestras	Incidencia (%)															
	Primer período								Segundo período							
	Nov. 85		Dic. 85		Ene. 86		Fbr. 86		Mar. 86		Abr. 86		May. 86		Jun. 86	
Fecha	1-5mm		5-15 mm		15-35mm		Cosecha		1-5 mm		5-15 mm		15-35mm		Cosecha	
Tamaño de fruto	508	660	508	660	508	660	508	660	508	660	508	660	508	660	508	660
CLON	508	660	508	660	508	660	508	660	508	660	508	660	508	660	508	660
Agente causal																
<i>Pestalotia</i>	0,40	2,30	0,70	0,50	0	0	-	-	0,67	0,86	0,33	1,00	0	0	-	-
<i>Phomopsis</i>	0,30	0,27	0	0	0	0	-	-	0,30	0,23	0	0	0	0	-	-
<i>Nematospora coryli</i> (sola)	-	-	0	0	0	0	3,63	1,64	-	-	0	0,03	1,13	0,90	2,73	1,93
<i>N. coryli</i> (asociada)	-	-	0	0	0	0	1,94	0,56	-	-	0	0	0,10	0	0,54	0,17
<i>N. coryli</i> + <i>Xanthomonas</i>	-	-	0	0	0	0	1,17	0,43	-	-	0	0	0,10	0	0,27	0,10
<i>N. coryli</i> + <i>Pseudomonas</i>	-	-	0	0	0	0	0,47	0,13	-	-	0	0	0	0	0,06	0,04
<i>N. coryli</i> + <i>Phomopsis</i>	-	-	0	0	0	0	0,13	0	-	-	0	0	0	0	0,03	0,00
<i>N. coryli</i> + otros hongos	-	-	0	0	0	0	0,17	0	-	-	0	0	0	0	0,17	0,03
Total <i>N. coryli</i>	-	-	0	0	0	0	5,57	2,20	-	-	0	0,03	1,23	0,90	3,27	2,10
Pudrición general	0,70	2,57	0,70	0,50	0	0	5,57	2,20	0,97	1,09	0,33	1,03	1,23	0,90	3,27	2,10
Daño en cotiledón por insectos	-	-	0	0	0	0	6,87	2,90	-	-	0	0	1,53	1,13	3,90	2,23

(-) No se evaluó.

1968; Daugherty, 1967; Ragsdale, 1979). Estos síntomas solo se observaron en frutos con concha dura. El hecho de no encontrar evidencias de que el patógeno penetró por otra vía, como por ejemplo, el poro o agujero pequeño que presenta la concha, da lugar a suponer que la levadura pudo ser transmitida por los chinches en etapas tempranas del desarrollo del fruto, cuando los tejidos se encontraban tiernos y probablemente se mantuvo latente hasta que la nuez comenzó a madurar, desarrollándose mayormente a la cosecha. Entre las observaciones realizadas en un trabajo en Hawaii, se menciona que el estilete del chinche podría penetrar la cáscara y la concha de nueces maduras y alcanzar la almendra (Mitchell, et al., 1965). Además, podría suceder que al caer la fruta al suelo, la levadura aumente su desarrollo en los tejidos externos a la concha, lo cual haría que aumente la probabilidad de que ocurra penetración a la nuez a través de heridas de insectos o resquebrajamiento de la concha por secado.

En los dos períodos de muestreo, la incidencia de *N. coryli* tendió a aumentar en los frutos cosechados en el suelo. Si se analiza la incidencia por clon (Cuadro 2), se observa que esta fue mayor en el clon 508 que en el clon 660 durante estos dos períodos, pero si se consideran los resultados por clon y zona, no hubo un patrón definido en lo que respecta al porcentaje de frutos enfermos en determinado lugar o clon, sin embargo, el clon 508 de la zona alta, tuvo un mayor número de frutos con esta pudrición en los dos muestreos a nivel de cosecha, determinado quizás por la preferencia del insecto. En esta incidencia podrían también afectar otros factores como dinámica de poblaciones y modo de adquisición de la levadura por los insectos vectores en las etapas tempranas de desarrollo del fruto.

Es necesario destacar que el solo daño de chinche, caracterizado por una lesión seca, arrugada y con estrías café, es más alto que el provocado por la levadura (Cuadro 1), pero existe una estrecha re-



Fig. 2. Daños de *Nematospora coryli* en Cotiledones de Macadamia.

lación entre la incidencia del daño de insecto con la incidencia de la pudrición producida por *N. coryli*.

Bacterias

La infección por *Xanthomonas* consistió en una lesión en la superficie de los cotiledones, hundida, acuosa, con exudados bacterianos de color amarillo intenso, de olor desagradable. El síntoma de *Pseudomonas*, se caracterizó por ser una lesión sobre los cotiledones, hundida, irregular, acuosa, con exudados bacterianos mucosos, transparentes y sin olor desagradable. Las pruebas de patogenicidad en ambos casos resultaron positivas. Estas bacterias se presentaron con una frecuencia baja y en asociación con *N. coryli*, lo que hace pensar que penetraron ya sea, por la herida producida por el chinche, o que éste las transmitió junto con la levadura, lo que confirmaría los informes de que estas bacterias pueden ser transmitidas por estos insectos (Webster, 1976).

Otros hongos

Los hongos *Harpographium*, *Phomopsis* (en fruto de cosecha), *Penicillium* y otros que no fueron identificados, presentaron una sintomatología muy parecida entre sí y que consistió en un crecimiento de micelio blanco y en algunos casos grisáceo, sobre la lesión de levadura. Estos hongos solo se observaron en frutos de cosecha, y en la mayoría de los casos, con cáscaras deterioradas, lo que imposibilitó determinar la vía de penetración, sin embargo, probablemente se desarrollaron primero en el tejido blando que está entre la cáscara y la concha y luego penetraron a través del poro hasta la almendra.

El hecho de que los porcentajes de incidencia de los problemas descritos anteriormente resultaron bajos, no quiere decir que no podrían ser importantes, ya que las condiciones de precipitación y humedad relativa durante el estudio fueron bajas, lo que no favoreció el desarrollo de las pudriciones. Esti-

maciones de pérdidas, que no se incluyeron en esta publicación, determinaron un 17,3% del fruto no aprovechable, lo que es económicamente significativo e indica que se requiere desarrollar estrategias de combate.

RESUMEN

En una plantación de macadamia de la Hacienda Atirro, en Turrialba, provincia de Cartago, a 600 msnm, ubicada en una zona de vida de bosque húmedo premontano, se realizó un estudio preliminar de la epidemiología de las pudriciones del fruto de la macadamia y de los patógenos involucrados en estas.

En tres zonas representativas de la finca, entre noviembre de 1985 a junio de 1986, se efectuó en dos períodos distintos, muestreos de los frutos de los clones HAES 508 y HAES 660 (*Macadamia integrifolia*) incluyendo todos los estados de desarrollo.

Se encontró a los hongos *Pestalotia* y *Phomopsis* con una incidencia baja en frutos de 5 a 15 mm de diámetro. En frutos maduros, se observó una pudrición interna causada principalmente por *Nematospora coryli*, con 7,8% de incidencia en el primer período y de 7,5% en el segundo; en algunos casos se presentó en combinación con las bacterias de los géneros *Xanthomonas* y *Pseudomonas*, y de los hongos *Phomopsis*, *Penicillium*, *Harpographium* y otros no identificados. Se encontró evidencias de que la levadura es transmitida por insectos vectores.

El daño por insectos, sin la transmisión de *Nematospora* en frutos de cosecha, fue más alto

que el producido por los patógenos (9,8% de incidencia en el primer ciclo y 8,8% en el segundo).

El cultivo de macadamia puede sufrir pérdidas económicamente importantes por la acción de patógenos e insectos chupadores, cuando se presentan condiciones favorables para el desarrollo o ataque de los mismos en el fruto.

LITERATURA CITADA

- CANET, G. 1983. El cultivo de la macadamia. San José, CAFESA. 75 P.
- COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE. 1968. Descriptions of pathogenic fungi and bacterial no. 181. Inglaterra, CMI.
- COSTA RICA. BANCO CENTRAL DE COSTA RICA. 1983. Financiamiento para el cultivo de macadamia. San José, BCCR. p. 1-3.
- DAUGHERTY, D. 1967. Pentatomidae as vector of yeast-spot disease of soybeans. Journal of Economic Entomology 60(1): 147-152.
- MITCHELL, W.C.; WARNER, R.M.; FUKUNAGA, E.T. 1965. Southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.), injury to macadamia nut. Proc. Hawaiian Entomological Society 29(1): 103-109.
- RAGSDALE, D.; LARSON, A.; NEWSON, L. 1979. Microorganisms associated with feeding and from various organs of *Nezara viridula*. Journal of Economic Entomology 72(5):725-727.
- WEBSTER, W. 1976. Establishment and growth of *Aspergillus flavus* on macadamia nuts. California Macadamia Society. Yearbook XXII: 111-112.