

DISEMINACIÓN DE LA “BACTERIOSIS DEL PALMITO” DE PEJIBAYE (*Bactris gasipaes* Kunth)¹

Jorge Mora-Urpí², Carlos Arroyo-Oquendo², Ramón Mexzón-Vargas², Antonio Bogantes-Arias³

RESUMEN

Diseminación de la “bacteriosis del palmito” de pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth). Esta investigación fue llevada a cabo durante los años 2004 y 2005 en la Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Costa Rica. Con el objetivo de determinar los factores involucrados en la dispersión de la bacteriosis del palmito en el campo. La literatura señala la bacteria *Pantoea stewartii* asociada al hongo *Fusarium* sp. como los agentes patógenos de la enfermedad conocida como “bacteriosis del palmito”. Se establecieron tres experimentos de inoculación, en dos variedades de palmito con plántulas de cuatro meses. Para la inoculación se usaron extractos de macerados de hojas enfermas, de suelo de plantaciones enfermas y suspensiones de la bacteria y hongo cultivados en el laboratorio. Se aplicaron por atomización al follaje, inyectados a la lámina y a la vaina de las hojas, con y sin heridas. Las dos variedades inoculadas artificialmente, resultaron igualmente susceptibles. Sin embargo, bajo condiciones de campo en plantaciones mixtas, la variedad Diamantes-10 fue menos susceptible por ser una variedad menos favorable para el vector (*Metamasius hemipterus*). La inoculación, con macerado de hojas enfermas, por atomización del follaje fue el método más efectivo (hasta 100%); y la inyección en la vaina de las hojas resultó también efectiva (56,2%). Plántulas enfermas trasplantadas a sitios bien drenados a pleno sol y en ausencia de *Metamasius hemipterus*, se recuperaron totalmente de la enfermedad.

Palabras claves: *Bactris gasipaes*, *Pantoea stewartii*, *Metamasius hemipterus*, palmito, *Fusarium* sp.

ABSTRACT

Dissemination of “palm heart bacteriosis” in peach palm (*Bactris gasipaes* K.). This research was carried out to establish how the infection by palm heart bacteriosis occurs in the field, during the years 2004 and 2005 at Los Diamantes Experimental Station in Guápiles, Costa Rica, with the aim to establish how the infection takes place in this disease in the field. The literature indicates that the bacteria *Pantoea stewartii* in association with the fungus *Fusarium* sp. are the pathogenic agents of the disease known as “bacteriosis of the pejibaye palm heart”. Three inoculation experiments were carried out on 4-mo old plants of two varieties and the behavior of the disease observed in the field. Inoculation consisted of sprays on the foliage and injection into the leaf sheets, with and without wounds. For inoculation, extracts of macerations of diseased leaves, soil from diseased plantations, and suspensions of bacteria and fungus cultivated in the laboratory were used. Both varieties, inoculated artificially, were equally susceptible. Under field conditions, Diamantes-10 was far less susceptible to the disease because is less attractive to the vector (*Metamasius hemipterus*). The inoculation with leaf macerate sprayed over the foliage was the most effective (up to 100%); injection into the leaf sheet was also effective (up to 56.2%). Plants infected, transplanted to full sun and well drained soil, with *Metamasius hemipterus* absent, recovered completely from the disease.

Key words: *Bactris gasipaes*, *Pantoea stewartii*, *Metamasius hemipterus*, palm heart, *Fusarium* sp.



¹ Recibido: 16 de julio, 2007. Aceptado: 25 de agosto, 2008. Estudio patrocinado por el Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONICIT), Costa Rica.

² Escuela de Biología, Escuela de Zootecnia, Escuela de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. pejibaye@cariari.ucr.ac.cr; carroyo@cariari.ucr.ac.cr; rg-mexon@yahoo.com; respectivamente.

³ Instituto Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología. San José, Costa Rica. bogantesa@costarricense.cr

INTRODUCCIÓN

El pejibaye es una palmera que ha dado origen a dos cultivos diferentes en su manejo agronómico y en sus productos: fruta y palmito. Ambos cultivos son de crecimiento cespitoso y perenne. Su explotación para producción de fruta permite el desarrollo de sus tallos hasta su madurez y en el caso de producción de palmito se cosechan los tallos en estado juvenil. Asimismo, el primero es un cultivo de baja densidad de plantas por hectárea (400 plantas) y en el segundo caso es de alta densidad (10.000 a 20.000 plantas/ha). Las diferencias en altura y edad de las plantas, así como su densidad por área marcan diferencia en el comportamiento de la “bacteriosis del palmito”.

El palmito es un producto hortícola de amplia aceptación por el consumidor por su delicado sabor. Su mercado internacional, se puede decir que es aún incipiente por cuanto es poco conocido, pero tiene grandes expectativas de expansión por sus cualidades nutritivas y de buen sabor (Mora-Urpí 2002).

Durante el período 1997-1998 se presentaron dos fenómenos coincidentes que afectaron este cultivo. Uno fue la abrupta reducción del precio del palmito en el mercado internacional por causa de la lucha competitiva entre empresas exportadoras, que indujo al descuido agronómico de las plantaciones e incluso al abandono de un número considerable de ellas; y el segundo fue la ocurrencia de una fuerte manifestación del fenómeno del Niño, que produjo cambios negativos en el comportamiento climatológico ese año. Ambos aspectos, el descuido de las plantaciones y el clima errático, propiciaron la expansión de una plaga-enfermedad, que posiblemente ya estaba presente, pero que hasta entonces no había contado con las condiciones que favorecerían esa manifestación masiva (Arroyo *et al.* 2007).

El cultivo del pejibaye para palmito había estado relativamente libre de plagas y enfermedades de importancia económica, pero durante los últimos años (1988 - 2005) estuvo bajo una prolongada crisis económica debido al exceso de oferta internacional; esto indujo al descuido de las plantaciones y a favorecer la diseminación de esta enfermedad en las regiones Huetar Norte y Huetar Atlántica de Costa Rica. El combate de este problema fitosanitario debe realizarse mediante

métodos amigables con el ambiente y de bajo costo; así, el enfoque debe estar basado en el conocimiento del comportamiento de los factores bióticos y ambientales que permitan desarrollar un método de manejo-integrado que reúna esas características (Mora-Urpí *et al.* 2005). Por ello, conocer el proceso de infección en el campo es el primer paso para el desarrollo de la tecnología del combate.

Al iniciarse la infección se observan pequeñas manchas de color verde más oscuro que el normal de la hoja, el cual paulatinamente se torna café al necrosarse el tejido, al mismo tiempo que la infección se extiende formando una banda longitudinal entre venas (Solórzano *et al.* 2002). Además, con frecuencia las áreas vecinas a esas bandas adquieren un tono amarillento como si mostrara un daño por toxicidad. Otros síntomas muy característicos de esta enfermedad son, la presencia de vesículas café oscuro llenas de líquido, que contienen bacterias (Sánchez *et al.* 2004) y la segregación de un polisacárido (Dye 1986) de consistencia viscosa que cubre principalmente la superficie abaxial del sector de la hoja afectada. Las bandas pueden multiplicarse y cubrir la mayor parte del área foliar o confinarse a una sola, lo cual depende principalmente de las condiciones de humedad del ambiente. Estas bandas se encuentran cubiertas por gran cantidad de micelio de hongos.

La enfermedad no afecta el tallo, sólo el follaje, y la planta normalmente no muere por la infección al no afectar el tallo, pero sí puede morir por agotamiento, debido a una serie continua de pérdida de hojas por infección durante largo tiempo y ausencia de atención para controlarla (Arroyo *et al.* 2007).

Este problema fitosanitario (Figuras 1 y 2) es producto de la participación de un complejo de factores bióticos y abióticos. En primer término se encuentra una bacteria identificada en plantaciones de Costa Rica por Vargas-Cartagena *et al.* (2003), así como por Zamora (2003) y Araya (2004) como *Pantoea stewartii* (sin. *Erwinia stewartii*), aunque perdura la controversia sobre su verdadera identidad. Esta bacteria es originaria de América, pero ahora es de distribución mundial (Dye 1986); por eso, no es extraño que, además de Costa Rica, la enfermedad se haya presentado en otros países en donde se cultiva el palmito de pejibaye, como Bolivia, Ecuador, Panamá (Bohorquez



Figura 1. Plantación de pejibaye afectada por "Bacteriosis del palmito". Finca MAYVIC S.A, Río Frío, Guápiles, Costa Rica. Mayo 2005.



Figura 2. Lámina de la hoja de pejibaye que muestra los síntomas de la enfermedad. Finca MAYVIC S.A, Río Frío, Guápiles, Costa Rica. Mayo 2005.

2000)⁶ y posiblemente en otros sitios aún no descrita. Esta bacteria no produce esporas y no posee flagelos según la literatura, pero Sánchez *et al.* (2004) reportan la presencia de largos flagelos peritricos, lo cual produce dudas sobre su verdadera identidad (Dye 1986). La presencia de flagelos la hace susceptible a la deshidratación cuando se expone al ambiente.

El hongo que se asocia con la bacteria en la manifestación del síndrome, fue identificado por Wang (2003)⁷ como *Fusarium* sp., produce abundantes esporas (conidias) y es considerado saprófito.

El goteo del agua de lluvia, de las hojas enfermas a las sanas, es uno de los medios de transmisión reportado por Vargas-Cartagena (2005); los escarabajos, conocidos comúnmente como "picudos", *Metamasius hemipterus*, que se ha convertido en una plaga importante del pejibaye (Mexzón 1999, Alpizar 2001, Arroyo *et al.* 2004) y *Rhynchophorus palmarum*, que generalmente es una plaga de menor importancia, son considerados como los principales vectores de la enfermedad a distancia (Mora-Urpí *et al.* 2005).

⁶ Bohorquez, J. 2000. Consulta sobre enfermedades nuevas del palmito. Equavegetal. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Guayaquil. Ecuador. Comunicación personal.

⁷ Wang, A. 2003. Consulta sobre la identidad del hongo presente en la sintomatología de la bacteriosis del palmito. Sección de Fitopatología. Escuela de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. Comunicación personal.

El objetivo de este trabajo fue determinar el medio de diseminación de la bacteriosis del palmito y las diferencias de susceptibilidad entre dos variedades bajo condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y clima

El ensayo se realizó en el área experimental de pejibaye que mantiene la Universidad de Costa Rica bajo el convenio MAG-UCR, en la Estación Experimental Los Diamantes, ubicada en Guápiles, cantón Pococí, provincia de Limón. La posición geográfica es 10°, 13' latitud norte y 86°, 46' longitud oeste, y la altitud es de 249 msnm. La prueba se llevó a cabo entre los meses de noviembre del 2004 a julio del 2005, con una temperatura promedio de 24,9 °C, una mínima de 15,4 °C en el mes de febrero y la máxima de 33,6 °C en el mes de junio; la precipitación acumulada fue de 2.985 mm, con un promedio mensual de 332 mm (Figura 3).

Material y diseño experimental

Se realizaron tres experimentos independientes, dos bajo sombra y uno a pleno sol. Se utilizaron plántulas de almacigo de cuatro meses con solo dos hojas, sembradas en bolsas de polietileno, de dos variedades

de pejibaye para palmito: una sin espinas, Diamantes-10 (de ascendencia Yurimaguas) y otra con espinas Utilis-Tucurrique (criolla). Un experimento fue plantado en camas o eras a pleno sol con buen drenaje y los otros dos bajo sombra (aproximadamente 50% de sombra) controlada con malla plástica y alta humedad (suelo inundado). Dos, de estos tres experimentos fueron idénticos excepto por las condiciones de humedad y luminosidad.

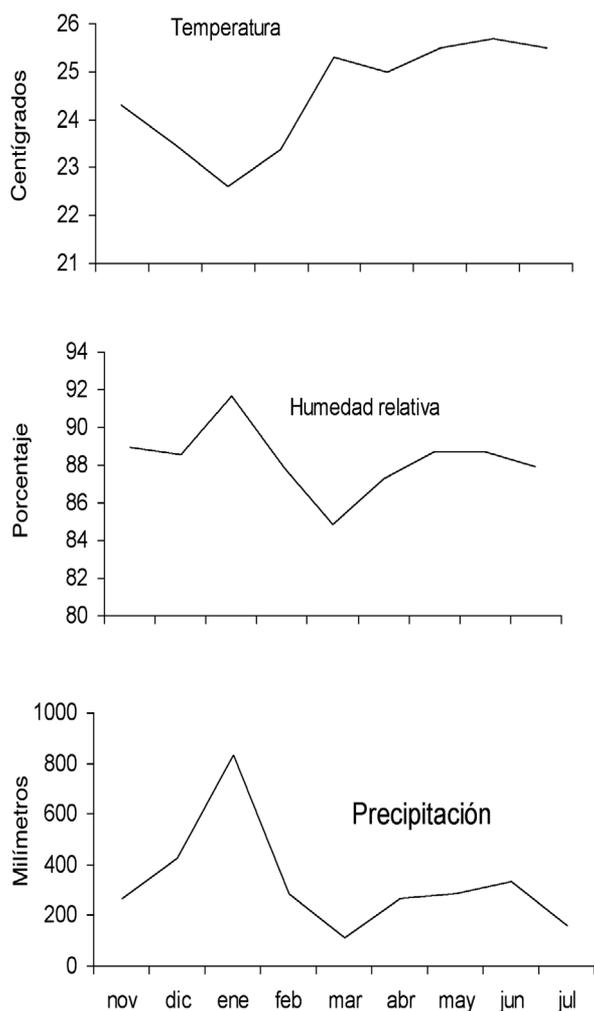


Figura 3. Datos climatológicos de temperatura, humedad relativa y precipitación para el período experimental (promedios mensuales). Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Costa Rica. 2004 y 2005.

Las plantas se inocularon en noviembre del 2004, con suspensiones de los patógenos (la bacteria *P. stewartii* y el hongo *Fusarium* sp.) en agua de lluvia al natural en el mes de noviembre del 2004 y se registró la incidencia de la enfermedad mensualmente a partir de enero hasta marzo del 2005.

Los patógenos fueron obtenidos de tres fuentes: macerados de hojas enfermas, macerado de suelo de plantaciones enfermas y cultivos de laboratorio.

Las bacterias utilizadas fueron aisladas en el medio de cultivo Agar YPGA (Yeast Peptone Glucose Agar), en el laboratorio de Fitopatología de la Escuela de Agronomía de la Universidad de Costa Rica, a partir de hojas enfermas siguiendo el método descrito por Araya (2004). La concentración de bacterias fue de 1×10^7 μ .f.c/ml en agua de lluvia.

Los hongos también fueron aislados en un medio de cultivo de papa-dextrosa-agar de hojas enfermas, identificados y cultivados en el laboratorio.

Los macerados de hojas enfermas fueron elaborados en un mortero y el extracto fue diluido en agua de lluvia natural (sin esterilizar), por lo tanto contenían una cantidad no cuantificada de la bacteria más el hongo y también el polisacárido exudado por la bacteria. El macerado y extracto de suelo fue preparado de igual manera.

Los datos obtenidos en los dos experimentos bajo sombra se analizaron como un diseño experimental de bloques completos al azar con 12 tratamientos y cuatro repeticiones. En el experimento a pleno sol se analizaron como un diseño experimental de bloques completos al azar con nueve tratamientos y cuatro repeticiones. El tamaño de las parcelas en los tres experimentos fue de cuatro plantas, dos de Diamantes-10 y dos de Utilis-Tucurrique. Cuando se realizó el análisis estadístico, en cada variable se excluyeron los tratamientos con promedios igual a cero para evitar heterogeneidad de variancias.

Los tratamientos de las dos pruebas idénticas, excepto por la luminosidad y humedad (una bajo sombra y suelo saturado de humedad y otras a pleno sol y buen drenaje), fueron los siguientes:

1. Bacterias asperjadas al follaje, en plantas sin heridas (no pinchadas).
2. **Bacterias asperjadas al follaje, en plantas pinchadas** en la lámina y vaina de las hojas.
3. Bacterias inyectadas en la vaina.
4. Bacterias inyectadas en la lámina.
5. Macerado de hojas enfermas asperjado sobre planta sin heridas.
6. **Macerado de hojas enfermas sobre planta con heridas** en lámina y vaina.
7. Macerado de hojas enfermas inyectado en la vaina.
8. **Macerado de hojas enfermas inyectado en la lámina.**
9. Extracto de suelo atomizado al follaje en plantas sin heridas.
10. **Macerado de suelo atomizado al follaje sobre plantas con heridas** en la lámina y vaina.
11. Testigo absoluto.
12. Testigo, herido y atomizado con solo agua de lluvia.

Los tratamientos del tercer experimento, bajo sombra y suelo saturado de humedad, fueron los siguientes:

1. Testigo absoluto.
2. Macerado de hojas enfermas, asperjado sobre el follaje.
3. **Macerado de hojas enfermas, inyectado en las vainas.**
4. Suspensión de bacterias, asperjada al follaje.
5. **Suspensión de bacterias, inyectado en las vainas.**

6. Suspensión acuosa del hongo, asperjada al follaje.
7. **Suspensión acuosa del hongo, inyectado en las vainas.**
8. Suspensión acuosa de bacteria más hongo, atomizados al follaje.
9. **Suspensión acuosa del hongo, inyectados en las vainas.**

Variables evaluadas

La variable evaluada en los tres experimentos fue el porcentaje de plantas enfermas y en el tercer experimento, se agregó el número de hojas enfermas (Figuras 1 y 2).

Otras pruebas experimentales realizadas durante la misma época:

1. Se colocaron segmentos de hojas enfermas sobre 40 hojas de plantas sanas unidas entre sí con espinas de pejibaye, protegidas de la lluvia y fueron humedecidas dos veces por día durante dos días; y se trataron de igual manera 22 hojas que no fueron humedecidas.
2. Se recogieron 50 plántulas de almácigo con su follaje 100 % enfermo, situadas debajo de la copa de una planta adulta enferma y se trasladaron a la Estación Experimental, en donde se sembraron en camas bien drenadas a pleno sol y se fertilizaron con la fórmula 18-5-15-6-2.

Además se realizaron observaciones de campo en fincas particulares:

1. Sobre incidencia de infección en las variedades Utilis-Tucurrique y Diamantes-10 en las épocas secas (febrero) y lluviosa (julio) del año 2005 en la Finca Ventura, Guápiles. En esta finca ambos cultivares se encuentran situados en lotes vecinos, uno al lado del otro bajo iguales condiciones de manejo agronómico.

2. Sobre la aparición inicial de la enfermedad y su comportamiento posterior en la finca Palmares situada en Río Frío de Sarapiquí.

El suelo en la parcela experimental corresponde a un Inceptisol, el cual se clasifica como Andic Oxyaquic Dystradepts, de textura franco arenosa y su composición química se presenta en el Cuadro 1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los tres experimentos de inoculación llevados a cabo, las dos variedades (Utilis-Tucurrique y Diamantes-10) mostraron ser susceptibles a los patógenos en igual medida, cuando son inoculadas por aspersión al follaje, con o sin heridas, con una suspensión obtenida por macerado de hojas enfermas (Cuadro 2). En

el primer experimento se inocularon 192 plantas (96 por variedad) y se obtuvieron de los 12 tratamientos evaluados, 54 plantas infectadas (28%). De estas, 28 eran de Diamantes-10 y 26 de Utilis-Tucurrique. Esta susceptibilidad, semejante en ambas variedades, se observa tanto en plantas expuestas al sol como a la sombra. Sin embargo, en plantaciones comerciales mixtas, Diamantes-10 muestra considerable "resistencia" a la enfermedad en tanto que Utilis-Tucurrique se muestra altamente susceptible.

En un conteo de hojas infectadas, en Finca-Ventura, situada en Guápiles, y la cual posee ambas variedades, una al lado de la otra, con un manejo agronómico semejante, la primera variedad solo mostró un 4% de hojas enfermas en tanto que Utilis-Tucurrique presentó un 87%, esto en la época seca (febrero), y 7,5% y 65,5% respectivamente en la época lluviosa (julio) (Figura 4). Ahora bien, si ambas

Cuadro 1. Análisis químico de suelo. Estación Experimental Los Diamantes. Guápiles, Costa Rica. 2004.

pH	cmol(+)/l					mg/l							%	
	H ₂ O	Ca	Mg	K	Acidez	CICE	P	Cu	Fe	Mn	Zn	B		S
5,2	4,66	1,58	0,45	0,58	7,27	23,1	16,5	228	13,4	0,90	0,92	6,45	9,90	

Cuadro 2. Porcentajes de plantas de pejobaye, de ambas variedades, infectadas por inoculación bajo condiciones de exposición al sol y buen drenaje así como bajo condiciones de sombra y suelo saturado de humedad (inoculaciones efectuadas el 28/11/04 y evaluadas el 25/3/05). Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Costa Rica. 2005.

Tratamiento	Porcentajes de plantas infectadas	
	Sombra y humedad	Sol y drenaje
Bacteria asperjada al follaje, sin heridas	18,7 c	0
Bacteria asperjada al follaje, con heridas	0	0
Bacteria inyectada en la vaina	0	0
Bacteria inyectada en la lámina	0	0
Macerado de hojas asperjado al follaje, sin heridas	81,3 a	25,0 b
Macerado de hojas asperjado al follaje, con heridas	81,3 a	56,2 a
Macerado de hojas inyectado en la vaina	56,2 ab	50,0 a
Macerado de hojas inyectado en la lámina	31,3 b	56,2 a
Extracto de suelo asperjado sin heridas	0	0
Extracto de suelo asperjado con heridas	0	0
Testigo absoluto	0	0
Testigo herido asperjado al follaje con agua	0	0

a, b, c: Valores con letra distinta en el sentido vertical son estadísticamente diferentes, Duncan, probabilidad < 0,05.

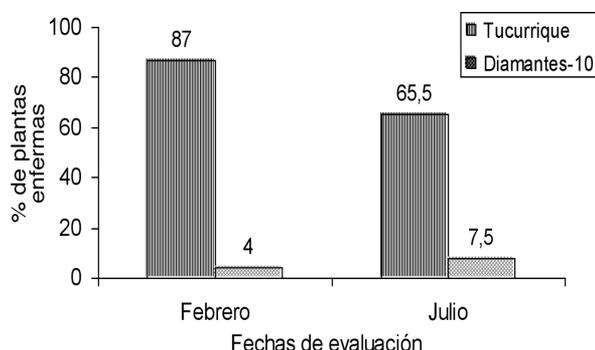


Figura 4. Porcentaje de plantas enfermas de pejibaye en las variedades Tucurrique y Diamantes-10 en una plantación comercial, evaluadas en dos distintas fechas. Finca Ventura, Guápiles, Costa Rica. 2005.

variedades son igualmente susceptibles cuando se inoculan artificialmente, significa que la “resistencia” de Diamantes-10 es a un posible vector y no a los patógenos.

Esta situación descrita permite descartar la participación de otros posibles agentes dispersores de los patógenos. El viento, si fuera un agente dispersivo efectivo, induciría la propagación de la enfermedad por igual en ambas variedades, puesto que ambas son igualmente susceptibles. Al no ser así, este posible agente queda descartado. Por otra parte, como se discute más adelante, el agua de lluvia es un agente muy eficiente de la dispersión de la enfermedad en sentido vertical, de las hojas superiores enfermas a hojas inferiores en la misma planta. Además, sin duda podría serlo también en días lluviosos, a plantas vecinas por salpique. La situación descrita, sin embargo, indica que éste sería un método de dispersión horizontal poco frecuente o de avance muy lento, puesto que a pesar de los años que dicha finca ha estado sufriendo la enfermedad, la distribución de la infección es, como se indicó, muy desigual entre variedades. Es lógico asumir que hay otro agente que dispersa los patógenos horizontalmente entre plantaciones especialmente si se encuentran distantes.

El escarabajo *M. hemipterus*, que en algunas plantaciones de palmito de pejibaye se encuentra constituyendo una plaga en el 100% de las plantas (Alpízar 2001), es considerado el principal vector. Otro “picudo” de mayor tamaño, *R. palmarum*, constituye en menor medida, plaga en los cultivos de palmito de

pejibaye, y es considerado también como un posible vector de importancia secundaria (Arroyo *et al.* 2004).

La resistencia mostrada por Diamantes-10 se atribuye a su morfología o estructura física. Sus hojas poseen vainas más largas y ajustadas al tallo, lo cual no es de particular atracción para *M. hemipterus* porque le es más difícil acomodarse en su lado interior, cuando visita estas plantas.

Por otra parte, los resultados de las pruebas de inoculación muestran que la humedad juega un papel muy importante en el éxito de las inoculaciones. Cuando se inocula el macerado de hojas enfermas por atomización, en el caso de follaje sin heridas, se obtiene aproximadamente el triple de efectividad cuando las plantas se encuentran bajo condiciones de sombra y suelo saturado de humedad, que bajo pleno sol y suelo con buen drenaje; pero si el follaje tiene heridas, la diferencia en efectividad disminuye considerablemente (Cuadro 2).

Si la inoculación se hace a través de inyección en la vaina de la hoja, la efectividad, bajo estos dos ambientes es semejante. Sin embargo cuando se hace por inyección en la lámina, la efectividad muestra una diferencia, estadísticamente significativa, mayor en los tratamientos expuestos al sol y buen drenaje que aquellos bajo sombra y alta humedad.

En un experimento aparte, se colocaron segmentos de hojas enfermas sobre hojas sanas húmedas, las cuales se continuaron humedeciendo por un par de días, el porcentaje de infección fue de 100% en 40 hojas así inoculadas. Por otra parte, 22 hojas tratadas de igual manera, pero protegidas de la lluvia, solo mostraron una infección de 54,5%.

Este resultado podría indicar que la infección, bajo condiciones de campo, es reducida si las plantas no se encuentran húmedas por la lluvia cuando hacen contacto con los patógenos.

Se utilizaron en este estudio varias fuentes de inóculo, como se describe en materiales y métodos. Uno de ellos fue el extracto de suelo, obtenida de una plantación enferma, para establecer si los posibles patógenos que caen al suelo, arrastrados por el agua de lluvia del follaje enfermo, podrían servir como inó-

Cuadro 3. Porcentajes de plantas de pejibaye infectadas por inoculación (*Pantoea stewartii* y *Fusarium* sp.) bajo condiciones de aprox. 50% sombra y suelo saturado de humedad (inoculación realizada el 14/4/2005 y evaluada el 9/6/2005). Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Costa Rica. 2005.

Tratamiento	Porcentajes de infección obtenidos	
	Plantas	Hojas
1. Testigo	0,0	0,0
2. Macerado foliar, asperjado al follaje	100,0 a	94,4 a
3. Macerado foliar, inyectado en la vaina	43,8 b	11,1 b
4. Bacteria, asperjada al follaje	25,0 c	13,4 b
5. Bacteria, inyectada en la vaina	12,5 d	4,5 c
6. Hongo, asperjado al follaje	12,5 d	2,8 c
7. Hongo, inyectado en la vaina	4,3 e	2,4 c
8. Hongo + bacteria asperjados al follaje	12,5 e	2,8 c
9. Hongo + bacteria, inyectados en la vaina	4,3 e	2,4 c

a, b, c: Valores con letra distinta en el sentido vertical son estadísticamente diferentes, Duncan < 0,05.

culo. El suelo no parece ser una fuente de inóculo que favorezca la infección de nuevas plantas, ni aún cuando las plantas presentan heridas, como se comprobó en uno de los tratamientos realizados (Cuadro 2).

Igualmente, se evidenció que en general, las heridas no constituyen puertas de entrada para los patógenos, puesto que los resultados no mostraron un aumento de infecciones cuando las plantas fueron heridas (pinchadas con espinas de pejibaye) y luego asperjadas con los inóculos, bajo condiciones de sombra y alta humedad; excepto en las plantas expuestas al sol, como parece indicarlo la diferencia en infecciones entre los tratamientos 5 y 6 (Cuadro 3). Lo que se interpretaría como debido a las heridas, pero las infecciones no se observan iniciándose en las heridas. De igual manera, los daños físicos en las láminas de las hojas, hechos por insectos (Figura 5) u otros medios, no se muestran como puntos de inicio de la infección. Esto podría indicar que la penetración de los patógenos en la lámina de la hoja se realiza por otro método, que podría ser por digestión enzimática de la cutícula, por estomas o por inyección por medio de insectos.

Los Cuadros 2 y 3, muestran que el inóculo más efectivo es el extracto del macerado de hojas enfermas.



Figura 5. Planta de pejibaye con hojas inferiores inoculadas y las hojas emergentes sanas. Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Costa Rica. Marzo 2005.

Los experimentos produjeron de 81,3% a 100% de plantas enfermas cuando se asperjó dicho macerado

sobre plantas de almácigo bajo condiciones de sombra y alta humedad; y 43,8% a 56,2% de infección, cuando se inyectó en la vaina de las hojas también bajo esas condiciones de sombra y humedad; y fue de 50% cuando se inyectó en las vainas bajo condiciones de pleno sol y buen drenaje, lo cual indica que cuando el inóculo se inyecta en la vaina la condición del ambiente no es muy importante. Estos resultados demuestran que este inóculo es el principal responsable de las infecciones en el campo. Este inóculo posee tres componentes considerados de importancia: la bacteria, el hongo y un polisacárido. El polisacárido es producido por la bacteria (Bennett y Billing 1980) como ya se indicó, y forma una película externa a la hoja especialmente en el lado abaxial del área infectada, la cual es de consistencia pegajosa, que cuando se seca parece desaparecer, pero al ser humedecida se rehidrata y puede constituir un adherente para los patógenos y sus vectores.

La bacteria, como lo indica Sánchez *et al.* (2004) contiene gran cantidad de largos flagelos peritricos y por lo tanto es muy susceptible a la deshidratación. Por eso no parece adaptada a ser trasladada por el viento. El hongo sí produce conidias, y podría ser transmitido por vectores adicionales a los que transmiten la bacteria. El polisacárido podría tener varias funciones: actuar como adherente al vector y a la planta, como protector de la bacteria contra deshidratación al formar una suspensión viscosa de lenta deshidratación y como fuente de energía para las bacterias y hongos al inicio de la infección.

Dado que el escarabajo *-M. hemipterus-* se refugia en las vainas para protegerse, alimentarse, copular y poner sus huevos, podría por lo tanto, adquirir y transmitir los patógenos.

Como los síntomas de la enfermedad se manifestaron en la lámina de la hoja, esto indica, que los patógenos ascendieron de la vaina a la lámina a través del xilema. Dye (1986) señala que este grupo de bacterias invade los haces vasculares, sin embargo, éste no parece ser el caso aquí, pues no se han logrado observar en el microscopio electrónico bacterias en ellos, pero se asume que viajan a través del xilema para invadir los tejidos de la lámina foliar.

Los datos muestran, como ya se indicó, que la inoculación por aspersión sobre el follaje pareciera más efectiva que aquella por inyección en las vainas de las hojas. Esta interpretación posiblemente es errónea. La inyección en las vainas es quizás tan efectiva como la aspersión de las láminas, porque la inoculación por inyección no incluye todas las vainas, ya que se practica en un solo sitio, por eso alcanza a inocular solo pocas de ellas; en tanto que la atomización alcanza todas las láminas y además cubre completamente sus superficies.

Este hecho podría explicar la variación obtenida en los resultados cuando se inoculó por inyección en la vaina (Cuadros 2 y 3); el número de láminas infectadas dependió del número de vainas inoculadas en esa operación.

La bacteria cultivada en el laboratorio, utilizada aquí como único inóculo en algunos tratamientos, mostró un comportamiento interesante. Asperjada en suspensiones acuosas sobre plantas a pleno sol y con buen drenaje, no mostró el desarrollo de la infección. Posiblemente la deshidratación relativamente rápida en días soleados la seca y mata. Por otra parte, en los tratamientos bajo alta humedad y sombra, se indujo infección en uno de los experimentos (18,7%) y, en una segunda prueba resultó ligeramente más elevada (25%) (Cuadros 2 y 3). La bacteria inyectada en las vainas muestra un comportamiento variable. Fue infecciosa en un 12,5% en una prueba bajo condiciones de sombra y alta humedad (Cuadro 3), pero fue nula tanto en plantas al sol como a la sombra y alta humedad en otra prueba (Cuadro 2).

De especial interés es el resultado del tratamiento proveniente de cultivos en el laboratorio, de mezcla de bacteria y hongo, esto es sin polisacárido presente, la cual fue poco infectiva cuando se asperjó (12,5%) y resultó menos infectiva cuando se inyectó en la vaina (4,3%) (Cuadro 3). El hongo solo, inyectado a las vainas bajo condiciones de sombra y alta humedad, resultó infectivo en bajo grado (4,3%); y asperjado al follaje resultó ligeramente más infectivo, con 12,5% de efectividad, lo cual parece indicar que no es totalmente inocuo (Cuadro 3).

El extracto de macerado de hojas enfermas inyectado en la lámina de una hoja sana, también resultó

infectivo, mostrando diferencias estadísticamente significativas en sombra y alta humedad (31,3%) con respecto al sol y drenado (56,2 %) (Cuadro 2).

Sería conveniente realizar una prueba adicional, que además de bacteria y hongo lleve el polisacárido esterilizado obtenido de follaje de plantas enfermas, para comprobar si la combinación de los tres elementos induce mayor infección.

De los resultados anteriores se puede inferir, que el agua de lluvia al correr sobre hojas enfermas arrastra hacia hojas inferiores los patógenos conjuntamente con el polisacárido, infectando las hojas inferiores, tanto del mismo tallo como aquellas de los demás brotes pequeños de la misma cepa. Además, podrían infectar por salpique a otras plantas vecinas. Este proceso será más efectivo durante lluvias persistentes (“temporales”) por la alta humedad relativa generada. Los síntomas se hacen aparentes entre dos y cinco semanas después de la inoculación. Se ha observado, que síntomas de infecciones iniciales desaparecen ocasionalmente si el ambiente no es apropiado (días soleados y fertilización apropiada) para la consolidación de la infección.

La lluvia no explica la dispersión del inóculo a distancia. Para que eso ocurra, debe existir un vector, capaz de acarrear los patógenos entre plantaciones situadas cientos de metros aparte y sugiere que un insecto debe ser el principal responsable. *M. hemipterus* y *R. palmarum* son los visitantes voladores que están presentes y constituyen una plaga de las plantaciones de pejobaye. El inicio de la enfermedad en una plantación sana hasta ese momento, generalmente empieza por una sola planta o pocas, separados entre sí y situadas cerca de caminos, sugiriendo la visita de uno o pocos picudos portadores. Estos escarabajos viajan preferentemente por “vías libres” de obstáculos a baja altura (Mexzón 2004)⁸. Barreras, tal como bandas de bosque aislando una plantación, la protegen en gran medida de la contaminación, y si la infección llega a presentarse eventualmente, se puede observar que encontró su vía por un espacio libre abierto entre los árboles, tal como la existencia de caminos que atraviesan dicho bosque, lo cual permitió el paso fácil de picudos.

⁸ Mexzón, R. 2004. Comportamiento de *Metamasius hemipterus*. Escuela de Agronomía. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica. Comunicación personal.

La resistencia al vector se explica por las diferencias varietales en el espacio dejado por las vainas de las hojas al rodear el tallo, en donde las vainas de Diamantes-10 dejan menos espacio entre ellas y el tallo en comparación con las de Utilis-Tucurrique, dándole menos protección al “picudo” (*M. hemipterus*). Así, Diamantes-10 no es inmune a su ataque, pero no es un albergue preferido y por ello es muy evidente el menor grado de infección cuando ambas variedades crecen juntas. Por otra parte las plantaciones de Utilis-Tucurrique cuando están bien fertilizadas muestran un menor grado de infección debido quizás a la misma razón, las hojas de estas plantas se encuentran más erguidas, rodean al tallo y dejan poco espacio entre éstas y el tallo. Lo anterior y las observaciones que se describen posteriormente hace suponer que la inoculación y diseminación de la enfermedad se debe fundamentalmente al vector que la transporta a distancia y que por lo tanto puede tratarse de una enfermedad complejo (plaga-enfermedad) cuyo control debería priorizar el combate del insecto para romper el ciclo.

En los ensayos de inoculación en campo, las nuevas hojas de las plantas infectadas no se contaminaron a pesar de ser agitadas por el viento (Figura 5). Tampoco se contaminaron las plantas testigo, a pesar de estar muy cercanas. Además, las 50 plantas utilizadas de la raza Utilis-Tucurrique, se tomaron del almacigo de una plantación enferma, situadas bajo una planta de pejobaye adulta enferma con un intenso goteo durante las lluvias. Estas fueron transplantadas a la Estación Experimental Los Diamantes, bajo condiciones de pleno sol, buen drenaje y fertilizadas. Todas estas plántulas se recuperaron; las hojas enfermas eventualmente se secaron y las plántulas crecieron y quedaron totalmente sanas sin hacerle ninguna práctica adicional. En estos casos no hubo picudos visitando las plántulas. Por lo tanto, la enfermedad, en ausencia de picudos y bajo condiciones de ambiente con buen drenaje y fertilización, desaparece al formarse un nuevo follaje y al secarse las hojas enfermas.

Se han observado hormigas (*Ectatomora* sp., *Crematogaster* sp. y *Solenopsis geminata*) visitando las áreas foliares con el polisacárido secretado por las bacterias, lo cual las convierte en posibles candidatas al traslado de los patógenos a áreas no enfermas de la misma hoja y a otras hojas de la misma planta, pero no constituirían un vector importante en la diseminación de la enfermedad en las plantaciones por su baja incidencia.

Las heridas en el follaje no constituyeron puertas de entrada para los patógenos. Las infecciones no se inician en estas heridas aunque se asperjen sobre ellas los macerados de hojas enfermas (Figura 6).



Figura 6. Planta de pejobaye dañada por el ataque de insectos (*Schistocerca* sp.), sin infección en los sitios dañados pero con infección en los extremos no dañados de la hoja. Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Costa Rica. Marzo 2005.

El hombre no es un trasmisor de la enfermedad a través del uso del machete durante la cosecha, porque corta el tallo eliminando su follaje y ésta es una enfermedad exclusivamente del follaje. Las hojas enfermas, cuando se podan y caen al suelo, inician su deshidratación rápidamente o su descomposición si el ambiente está húmedo. Queda por estudiar cuán rápido mueren las bacterias que contiene. El suelo no parece jugar un papel importante en la dispersión de la enfermedad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración prestada por los productores John Thomas de Fincas Ventura; y Víctor Arias en su finca de Río Frío; a Amy Wang por el cultivo del hongo; Lorena Uribe por el cultivo de la bacteria; a Rigoberto Pizarro por su labor de campo; y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento parcial de este trabajo y a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica por su apoyo.

LITERATURA CITADA

- Alpízar, D 2001. Algunos aspectos sobre el manejo integrado de los picudos *Rhynchophorus palmarum* y *Metamasius hemipterus* en el cultivo de palmito de pejobaye (*Bactris gasipaes*). Boletín Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 10 p.
- Araya, SY. 2004. Optimización de las pruebas de patogenicidad para la confirmación del agente causal de la bacteriosis del palmito de pejobaye (*Bactris gasipaes*) en Costa Rica. Tesis, Licenciatura, Facultad de Microbiología. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 59 p.
- Arroyo, C; Mexzón, R; Mora-Urpí, J. 2004. Insectos fitófagos en cuatro variedades de pejobaye (*Bactris gasipaes* K). *Agronomía Mesoamericana* 15(2): 201-208.
- Arroyo, C; Bogantes, A; Mora-Urpí, J. 2007. La deshoja en el control de la "Bacteriosis" del palmito de pejobaye (*Bactris gasipaes*). *Revista Agronomía Mesoamericana* 18(1): 129-138.
- Bennett, RA; Billing, E. 1980. Origin of the polysaccharide component of ooze from plants infected with *Erwinia amylovora*. *Gen. Microbiol.* 116:341-349.
- Dye, DW. 1986. A taxonomic study of the genus *Erwinia*. III. The herbicola group. *N. Z. Journal Science.* 12:223-236.
- Mexzón, R. 1999. Manejo integrado de artrópodos perjudiciales. In: *Palmito de pejobaye (Bactris gasipaes Kunth): su cultivo e industrialización*. Ed. por Mora-Urpí y Gainza Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. p. 138-147.
- Mora-Urpí, J. 2002. Presente y futuro de las plantaciones de palmito en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 26(2): 95-100.
- _____; Pizarro, R; Mexzón, R; Arroyo, C; Bogantes, A; Sánchez, E; Wang, A; Uribe, L; Chaimson, FP; Vargas, L. 2005. "Bacteriosis del Palmito". Editorial de la Universidad de Costa Rica. 22 p.
- Sánchez, E; Solórzano, A; Vargas-Cartagena, L; Hernández, F; Freer, E; Iwasawa, H. 2004. **Análisis ultraestructural**

- de la bacteriosis en palmito de pejibaye. *In*: A. Solórzano ed. "Proyecto de generación de tecnología para el manejo de la enfermedad conocida como Bacteriosis del Palmito de Pejibaye (*Bactris gasipaes*) en Costa Rica". Informe Final Anual. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). San José, Costa Rica. p. 14-24.
- Solórzano, JA; Vargas, L; Mora, J. 2002. Bacteriosis del palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes* K.) en la Zona Atlántica de Costa Rica. Departamento de Protección de Cultivos, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica. 187 p.
- Vargas-Cartagena, L; Solórzano, A; Bravo, O. 2003. Identificación del agente causal de la enfermedad en medios de cultivo específicos. *In*: A. Solórzano, "Proyecto de generación de tecnología para el manejo de la enfermedad conocida como bacteriosis del palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes* K.) en Costa Rica. Informe Final Anual. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). San José, Costa Rica. p 5-7.
- _____. 2005. Intervención de *Metamasius hemipterus* Olivier (*Coleoptera, Curculionidae*) en el proceso infectivo de la bacteriosis del palmito *Erwinia* sp. *In*: XLV Annual Congress of American Phytopathological Society – Caribbean Division. p 68.
- Zamora, G. 2003. Determinación de la etiología de la "bacteriosis del palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes*) en Costa Rica". Tesis, Licenciatura, Facultad de Microbiología. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 41 p.