

Diversidad de hongos endofíticos y abundancia de nemátodos en plantaciones de banano y plátano de la parte baja de los territorios indígenas de Talamanca

Anabella Meneses¹; Luis E. Pocasangre²; Eduardo Somarriba³;
Alba S. Riveros²; Franklin E. Rosales².

Palabras claves: monocultivos; *Musa* AAA; *Musa* AAB; sistemas agroforestales; sistemas convencionales; sistemas orgánicos.

RESUMEN

La diversidad de hongos endofíticos y la abundancia de nemátodos (*Radopholus similis* (R), *Helicotylenchus* spp. (H), *Meloidogyne* spp. (M), *Pratylenchus* spp. y nemátodos de vida libre) en banano (BanCon) y plátano (PiCon) convencionales fue comparado con banano orgánico (banano en monocultivo (B), banano con cacao (B+C), banano con cacao y especies forestales (B+C+F) y banano con especies forestales (B+F)). Un total de 123 morfotipos de hongos endofíticos fueron aislados de los sistemas orgánicos, presentándose la mayor riqueza en B+F y la menor en el sistema B (68 y 33 morfotipos, respectivamente). En BanCon y PiCon convencionales se registró un total de 39 y 31 morfotipos, respectivamente. BanCon presentó la más alta abundancia de morfotipos (208 aislados), con dominancia de *Trichoderma*. B+F fue el más diverso (Índice de Shannon H=3,78); mientras que BanCon presentó la menor diversidad (H=3,04). Los sistemas agroforestales presentaron mayor diversidad que los sistemas de monocultivo. Entre los sistemas orgánicos, se presentó baja similitud de morfotipos; la más alta similitud se encontró entre los sistemas B y B+C (Índice de Dice, D=0,48). La población total de fitonemátodos en plantaciones convencionales fue significativamente mayor ($p \leq 0,001$) que en plantaciones orgánicas.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas naturales tienen una alta diversidad de microorganismos en el suelo, que a través de relaciones de parasitismo, hiperparasitismo y competencia facilitan la descomposición de los residuos vegetales y animales y el reciclaje de nutrientes (Sikora 1992; Altieri 1995; Gliessmann 1997). Los hongos son un componente importante en las comunidades microbianas ya

Diversity of endophytic fungi and nematode abundance in banana and plantain plantations in the indigenous lowland territories in Talamanca

ABSTRACT

Diversity of endophytic fungi and nematode abundance (*Radopholus similis* (R), *Helicotylenchus* spp. (H), *Meloidogyne* spp. (M), *Pratylenchus* spp. and free living nematodes) in conventional banana (Bancon) and plantain (PiCon) was compared with organic banana (monoculture banana -B-), banana with cacao (B+C), banana with cacao and timber species (B+C+F), banana with timber species (B+F)). A total of 123 morphotypes of endophytic fungi were isolated from the organic systems; B+F presented the highest value, while B had the lowest number (68 and 33, respectively). In Bancon and PiCon, 39 and 31 morphotypes were registered, respectively. BanCon had the highest abundance of morphotypes (208 isolates), with dominance of *Trichoderma*. B+F was the most diverse (Shannon index H=3.78), whereas BanCon was least diverse (H=3.04). Agroforestry systems were more diverse than monocultures. The organic systems had low similarity of morphotypes; the highest similarity was found between B and B+C (Dice Index, D=0.48). The total population of phytonematodes in conventional banana plantations was significantly higher ($p \leq 0.001$) than in organic production systems.

que actúan como parásitos (biótrofos, necrótrofos o patógenos), saprófitos o mutualistas facultativos u obligados (Augsburger 1983; Agrios 1998).

Los tejidos internos de plantas de zonas templadas y tropicales son colonizadas por hongos (Carrol 1988; Clay 1988; Petrini *et al* 1992; Pocasangre *et al* 1999). A

¹ Candidata a M Sc en Agricultura Ecológica, CATIE, Turrialba, Costa Rica. E-mail: ameneses@catie.ac.cr (autora para correspondencia)

² Profesores investigadores CATIE/INIBAP, Turrialba, Costa Rica. E-mails: lpoca@catie.ac.cr; ariveros@catie.ac.cr; frosal@catie.ac.cr

³ Profesor investigador, CATIE, Turrialba, Costa Rica. E-mail: esomarri@catie.ac.cr

estos hongos se les llama endofíticos y su estudio en plantas tropicales ha tomado mucha importancia debido a su diversidad, así como a su potencial como agentes de control biológico (Photita 2001). Los hongos endofíticos colonizan los tejidos y órganos internos de una planta sin causar ningún síntoma, confiriendo protección a la planta hospedera contra el ataque de agentes bióticos y abióticos (Carrol 1990; Latch 1993).

En este estudio se determinó la diversidad de hongos endofíticos y la población de nemátodos en seis sistemas de producción de banano y plátano orgánicos y convencionales en los territorios indígenas de Talamanca, Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se muestrearon plantaciones de banano orgánico en diez comunidades de Talamanca: Amubri, Sepecue, Shiroles, Watsi, Alto Cohen, Bratsi, Sibuju, San Miguel, San Vicente y Tsuiri. Las parcelas de plátano convencional se ubicaron en el Valle del Río Sixaola (Talamasca, Limón) y las de banano convencional en la finca San Pablo (Matina, Limón). La extracción de nemátodos y el aislamiento y purificación de los hongos endofíticos se llevó a cabo en los laboratorios de Fitopatología y Nematología del CATIE, Turrialba, Costa Rica.



Producción de banano orgánico en sistemas agroforestales, Talamanca, Costa Rica Foto: Luis Pocasangre

Se evaluaron cuatro sistemas de producción orgánica de banano y dos sistemas con manejo convencional (banano -BanCon- y plátano -PiCon-). Los sistemas orgánicos incluyeron: banano en monocultivo (B), banano con cacao (B+C), banano con cacao y especies forestales (B+C+F), banano con especies forestales (B+F). Se utilizó un diseño de muestreo completamente al azar con 11 repeticiones, en donde las unidades experimentales correspondieron a parcelas de 1,5 ha en cada plantación evaluada.

Se colectaron raíces de 10 plantas seleccionadas al azar en cada unidad experimental y se mezclaron para obtener una muestra compuesta. Las raíces se tomaron en el área de sucesión (entre la madre y el hijo) de plantas cercanas a floración. Se muestrearon raíces en calicatas de 25 cm de diámetro por 25 cm de altura, localizadas a 10 cm de la planta de banano.

Extracción de hongos endofíticos y nemátodos

Las raíces principales fueron cortadas transversalmente en secciones de 1 - 1,5 cm, bajo condiciones asépticas y desechando sus dos extremos. Los segmentos de raíces se colocaron dentro de frascos de vidrio previamente autoclavados (25 min a 120 bares de presión y 240°C) y se esterilizaron superficialmente en una solución de NaOCl al 2,5% durante 3 minutos; subsecuentemente fueron lavadas tres veces con agua estéril durante dos minutos. Cuatro segmentos esterilizados, seleccionados al azar, se sembraron en platos Petri (90 mm) con PDA 10% + Ácido Láctico (hasta ajustar un pH=5) y se almacenaron en oscuridad a 23°C, hasta que se observó crecimiento del micelio. Los aislados fueron transferidos a platos Petri (90mm) con PDA 100% + Ácido Láctico hasta que se obtuvieron aislados puros. Se clasificaron y cuantificaron los morfotipos de hongos endofíticos en cada parcela y se determinó la riqueza y abundancia. Para la estimación de la densidad de nemátodos, se seleccionaron raíces funcionales de cada unidad experimental y se procedió a cortarlas transversalmente en secciones de 2 a 3 cm de longitud. Se tomó al azar 100 g del material y se procesó según la metodología de macerado y filtrado utilizada en el Laboratorio de Nematología de la Corporación Bananera Nacional (CORBANA S.A., Costa Rica).

Análisis estadístico

La riqueza de morfotipos de los sistemas orgánicos de Talamanca se estimó mediante el programa ESTIMATES 5 (Colwell 1997) que permite predecir la riqueza de cada hábitat evaluado a partir del número de especies observadas y sus abundancias. Los estimadores

utilizados fueron de primer orden de CHAO y Bootstrap. La riqueza y abundancia se determinaron mediante el programa Biological ToolBox versión 0,10 Add-In. Los índices de diversidad utilizados fueron Shannon-Weiner y Simpson; mientras que la similitud entre sistemas se estimó mediante el índice de Dice (Hair 1987). Los conteos de nemátodos se transformaron $[\log(x + 0,1)]$ antes de realizar el análisis de varianza. Los promedios fueron comparados mediante una prueba de rangos múltiples de Duncan ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hongos endofíticos

El número total de morfoespecies encontradas en los territorios indígenas de Talamanca fue de 123, de un total de 371 aislados (Figura 1). La riqueza estimada por Chao1 y Bootstrap fue de 144-184 especies.

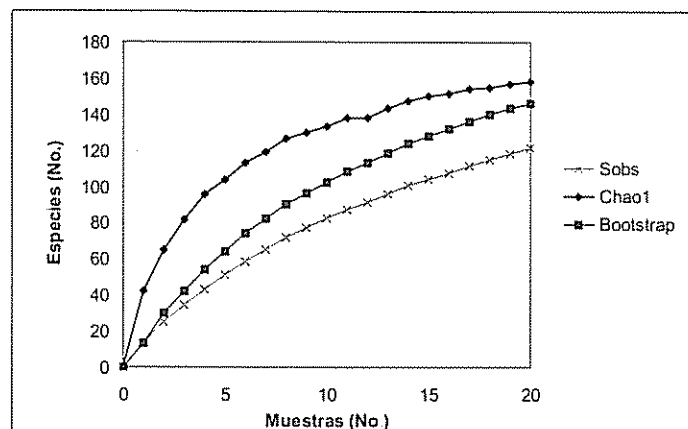


Figura 1. Curvas de riqueza observada (Sobs) y esperada (Chao1 y Bootstrap) de morfoespecies de hongos endofíticos en sistemas de banano orgánico en 10 comunidades de la Reserva Indígena de Talamanca, Costa Rica. Total de morfoespecies observadas = 123

Los sistemas de monocultivo (B, PlCon, BanCon) presentaron menor riqueza de hongos endofíticos (31-39) que los policultivos con cacao y especies forestales (46-68; Cuadro 1). En los policultivos, el asociado con forestales (68) tiene más riqueza de hongos endofíticos que el asociado con



Sistemas de banano asociado a cacao y especies maderables, Talamanca, Costa Rica. Foto: Luis Pocasangre

solo cacao (55). El policultivo banano-cacao-forestales deprimió la riqueza (46). El género *Trichoderma* es dominante en la producción convencional; un hongo aún no identificado fue dominante en el sistema B+F.

Los cuatro sistemas orgánicos (B, B+C, B+C+F y B+F) comparten entre el 34-48% de los morfotipos de hongos endofíticos cuando se comparan en forma pareada. No se observan patrones claros en el índice de Dice debido a los cultivos asociados con el banano (Cuadro 2).

Nemátodos

Las poblaciones de nemátodos fueron considerablemente mayores en los sistemas convencionales que en los orgánicos (Cuadro 3). Entre los convencionales, las poblaciones de nemátodos fueron mayores en plátano que en banano. Algunos nemátodos (*Helicotylenchus* sp. y *Meloidogyne* sp.) mantienen bajas poblaciones (típico de los sistemas orgánicos) aún bajo banano convencional. El uso de pesticidas e insumos en los sistemas convencionales reducen la diversidad biológica y el potencial antagonista en la rizosfera (Carrol 1990; Altieri 1992). Los suelos en los sistemas orgánicos son supresivos de patógenos y nemátodos (Baker y Cook 1982; Sikora 1992; Agrios 1998).

Cuadro 1. Diversidad, riqueza y abundancia de morfotipos de hongos endofíticos aislados en sistemas de banano y plátano en 10 comunidades de Talamanca, Costa Rica.

Parámetro	Bancon	B	PlCon	B+C+F	B+C	B+F
Riqueza	31	33	39	46	55	68
Abundancia	208	65	137	75	78	75
Simpson	0,94	0,96	0,93	0,96	0,96	0,96
Shannon-Weiner	3,04	3,31	3,13	3,54	3,75	3,78

Simbología: B=banano en monocultivo; B+C=banano con cacao; B+C+F=banano con cacao y especies forestales; B+F=banano con especies forestales; BanCon=sistema convencional de banano; y PlCon=sistema convencional de plátano.

Cuadro 2. Índice de similitud de Dice entre diferentes sistemas de producción de banano en 10 comunidades de Talamanca, Costa Rica.

Habitat	B	B+C	B+C+F	B+F
B	1			
B+C	0,48	1		
B+C+F	0,41	0,38	1	
B+F	0,36	0,34	0,39	1

Simbología: B=banano en monocultivo; B+C=banano con cacao; B+C+F=banano con cacao y especies forestales; y B+F=banano con especies forestales.

Los sistemas convencionales de producción son afectados por altas poblaciones y por la dominancia de unas pocas morfoespecies de nemátodos. Un suelo sano (sistemas de producción orgánica) mantiene la población de fitonemátodos significativamente baja (una relación 1:15 aproximadamente) (Cuadro 3).

CONCLUSIONES

- Los sistemas orgánicos presentaron una mayor diversidad de hongos endofíticos que los sistemas de producción convencional.
- Los sistemas convencionales presentaron menos riqueza de especies y una población de nemátodos significativamente mayor que los sistemas de producción orgánica.

Cuadro 3. Población de nemátodos en diferentes sistemas de producción de plátano y banano en 10 comunidades de Talamanca, Costa Rica.

Sistema de producción	Nematodos extraídos (100 g de raíz)					Nematodos Total
	Género					
	M	H	S	P	R	
PlCon	154 a	619 a	967 a	3393 a	15789 a	19956 a
Bancon	3 b	49 b	439 a	1269 a	8624 b	9946 b
B + F	24 ab	70 b	79 b	203 b	1227 c	1524 c
B	76 a	155 a	185 b	209 b	1027 c	1467 c
B + C	33 ab	67 b	108 b	125 b	1120 c	1346 c
B + C + F	8 b	33 b	29 c	63 b	500 c	604 c
Total	298	993	1807	5262	28287	34843

Simbología: R=*Radopholus similis*; H=*Helicotylenchus* spp.; P=*Pratilenchus* spp.; M=*Meloidogyne* spp.; S=*saprofitos* (nemátodos de vida libre); B=banano en monocultivo; B+C=banano con cacao; B+C+F=banano con cacao y especies forestales; B+F=banano con especies forestales; BanCon=sistema convencional de banano; y PlCon=sistema convencional de plátano. Letras distintas en la misma columna denotan diferencias significativas (p<0,05).

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Agrios, GN. 1998. Fitopatología 2 ed. México, D.F., LIMUSA. 838 p.

Altieri, MA. 1992. Biodiversidad, agroecología y manejo de plagas. Valparaíso Chile, Centro de Estudios en Tecnologías Apropriadas para América. 162 p.

Altieri, MA. 1995. Agroecology: the science of sustainable agriculture. Londres, Westview. 433 p.

Augspurger, DK. 1983. Seed dispersal of the tropical tree, *Platypodium elegans* and the escape of its seedlings from fungal pathogens. *Journal of Ecology* 71:759-771.

Baker, KF; Cook RJ. 1982. Biological control of plant pathogens. Saint Paul, MN, APS Press 433 p.

Carrol, GC. 1988. Fungal endophytes in stems and leaves: from latent pathogen to mutualistic symbiote. *Ecology* 6:2-9.

Carrol, GC. 1990. Fungal endophytes in vascular plants: Mycological research opportunities in Japan. *Transactions of the Mycological Society Japan* 31:103-116.

Clay, K. 1988. Fungal endophytes of grasses: a defensive mutualism between plants and fungi. *Ecology* 69:10-16.

Colwell, RK. 1997. ESTIMATES: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 5.0. User's guide and application (en línea) Disponible en <http://viceroy.ecb.econn.edu/ESTIMATES>.

Gliessman, S. 1997. Agroecology: Ecological processes in the sustainable agriculture. USA, Sleeping Bear Press. 285 p.

Hair, J. 1987. Medida de la diversidad ecológica. In Rodriguez, R. Manual de técnicas de gestión de vida silvestre. Maryland, The Wildlife Society p 283-289.

Latch, GCM. 1993. Physiological interactions of endophytic fungi and their hosts; biotic stress tolerance imparted to grasses by endophytes. *Agriculture, Ecosystems and Environments* 44:143-156.

Petrini, O; Sieber, TN; Toti, L; Viret, O. 1992. Ecology, metabolite production, and substrate utilization in endophytic fungi. *Natural Toxins* 1:185-196.

Photita, W. 2001. Endophytic fungi of wild banana (*Musa acuminata*) at Doi Suthep Pui National Park, Thailand. *Mycological Research* 105 (12):1508-1513.

Pocasangre, L; Sikora, RA; Vilich, V; Schuster, RP. 1999. Survey of banana endophytic fungi from Central America and screening for biological control of *Radopholus similis*. *Acta Horticulturae* 531: 283-289.

Sikora, RA. 1992. Management of the antagonistic potential in agricultural ecosystems for the biological control of plant parasitic nematodes. *Annual Review of Phytopathology* 30: 245-270.