

Manejo integrado de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao*) en Talamanca, Costa Rica

Ulrike Krauss¹; Martijn ten Hoopen²; Eduardo Hidalgo¹; Adolfo Martínez¹; Claudio Arroyo¹; Johnny García¹; Armando Portuquez¹; Vilmar Sánchez³

Palabras claves: Agricultura orgánica; control biológico; control cultural; epidemiología; indígenas; investigación participativa; modelaje; *Phytophthora*.

Integrated management of moniliasis (*Moniliophthora roreri*) of cacao (*Theobroma cacao*) in Talamanca, Costa Rica

RESUMEN

La moniliasis es el factor más limitante en la producción de cacao en Talamanca. Una evaluación participativa del manejo cultural y biológico de la moniliasis en pequeñas fincas orgánicas fue llevada a cabo. Se evaluó la remoción semanal y quincenal de frutos enfermos y siete tratamientos biológicos. La remoción semanal redujo la moniliasis significativamente, a través de una reducción en esporulación. Ambos regímenes de remoción de mazorcas enfermas mejoraron los rendimientos, pero solamente la remoción semanal aumentó el porcentaje de mazorcas sanas. Cuatro tratamientos biológicos redujeron la moniliasis con incrementos de rendimientos hasta el 50%. Los ensayos coincidieron con años de muy baja producción y ni el control cultural, ni el control biológico resultaron económicos. Sin embargo, un modelo matemático previamente desarrollado indicó, que extrapolando a un año normal, la remoción fitosanitaria en intervalos quincenales resultó económica en pequeñas fincas manejadas por la familia, pero no en áreas con otras opciones de trabajo remuneradas. Se pronosticó que tres aplicaciones de biocontroladores seguidas por remociones fitosanitarias en intervalos quincenales maximizarían las ganancias. Esta estrategia integrada también coincide con las preferencias de los agricultores.

ABSTRACT

Moniliasis is the most limiting factor of cocoa production in Talamanca. Participatory evaluation of cultural and biological control in organic smallholdings was carried out. Weekly and fortnightly removal of diseased fruits and seven biological treatments were tested. Weekly phytosanitation reduced moniliasis significantly via a reduction in sporulation. Both regimes increased yields, but only weekly removal increased the percentage of healthy pods. Four biological treatments reduced moniliasis with yield improvements of up to 50%. The trials were carried out in years of extremely low production and neither cultural, nor biological control were economical. Nevertheless, using a previously developed computer model, extrapolation to a normal year indicated that fortnightly phytosanitation should be economical on family-run smallholdings but not where alternative employment exists. Three applications of biocontrol agents, followed by fortnightly phytosanitation are predicted to maximize profits. This integrated strategy also coincides with farmers' preferences.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao*), que es un cultivo que se siembra bajo sombra de árboles y tiene un alto valor por peso, es muy importante para la región de Talamanca, Costa Rica, donde gran parte del área es terreno montañoso con un clima tropical húmedo y sin caminos para vehículos motorizados. Cultivos como el cacao, que son compatibles con la conservación de

bosques tropicales, son apropiados para zonas remotas como la de Talamanca, donde sus habitantes indígenas (Bribris y Cabécares) dependen básicamente de la agricultura para autoconsumo e ingresos económicos. Talamanca sirve de amortiguamiento para el parque binacional La Amistad y juega un papel importante para la conservación de la biodiversidad

¹ CABI-CATIE-USDA, Turrialba, Costa Rica. E-mail: ukrauss@catie.ac.cr (autora para correspondencia).

² CABI-CATIE-DGIS, c/o CATIE, 7170 Turrialba, Costa Rica.

³ Proyecto Cacao Orgánico y Biodiversidad, Talamanca, CATIE. E-mail: vilmarsp@catie.ac.cr



Control biológico de monilia en los cacaotales orgánicos de Talamanca, Costa Rica. Foto: Archivo Proyecto Cacao y Biodiversidad (CATIE-GEF-Banco Mundial)

Centroamericana (Guiracocha *et al* 2001). Por lo tanto, si los indígenas de Talamanca obtienen ingresos sostenibles del cacao, tendrán un incentivo para mantener sus cacaotales y contribuir a la conservación de la biodiversidad en el paisaje.

La moniliasis, causada por el hongo *Moniliophthora roreri*, es la enfermedad más severa del cacao en Costa Rica. Desde su aparición en 1978, los rendimientos y la producción nacional han bajado en forma preocupante (Figura 1). Muchas fincas han sido abandonadas y los agricultores reportan pérdidas de hasta el 100%. Además de la monilia, otro hongo denominado mazorca negra (causado por *Phytophthora* spp., principalmente *P. palmivora*), es una enfermedad importante en la cacaocultura talamanqueña. Debido al estatus orgánico certificado de

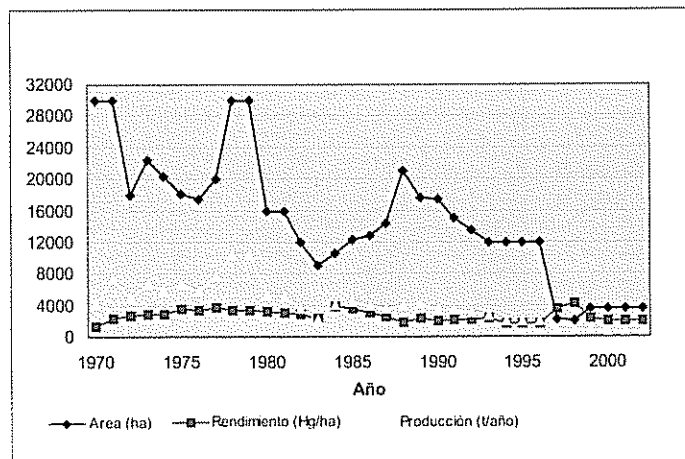


Figura 1. Tendencias históricas de la producción de cacao en Costa Rica (Fuente: Base de datos Agrostat, disponible en www.fao.org). La Moniliasis llegó a Costa Rica en 1978.

la mayoría de los sistemas agroforestales de Talamanca, los productores no pueden usar funguicidas sintéticos para el control de la moniliasis. Las opciones disponibles son el control cultural y el control biológico.

La remoción de frutos enfermos es el método tradicional de control cultural de la moniliasis, pero se aplica con frecuencias y niveles muy variables. Debido al ciclo de vida de *M. roreri*, Soberanis *et al* (1999) recomendaron la remoción semanal de mazorcas infectadas por este patógeno en el Perú. Basados en datos históricos, Leach *et al* (2002) propusieron que un aumento en la frecuencia de remoción de mazorcas infectadas por *M. roreri*, de intervalos mensuales a semanales, resultaría en un aumento de rendimientos que no solamente pagaría la mano de obra adicional, sino también mejoraría los ingresos del productor bajo las condiciones socioeconómicas de Talamanca. Esta recomendación contradice la intuición del agricultor y, por lo tanto, no es adoptado ampliamente.

El control biológico de la moniliasis todavía se encuentra en una fase experimental. En el Perú se han reportado resultados altamente promisorios con micoparásitos (hongos que parasitan a otros hongos, en este caso los patógenos) en varias mezclas y formulaciones (Krauss y Soberanis 2001a; 2002). Por su naturaleza, el control biológico no elimina, sino que reduce las poblaciones de patógenos y, como consecuencia, reduce la incidencia de la enfermedad. Por lo tanto, el control biológico debe emplearse con otros métodos de control.

Los objetivos del presente trabajo fueron la determinación del efecto de la frecuencia de remoción de monilia sobre la producción de cacao, la validación del modelo de Leach *et al* (2002) y la evaluación participativa de diferentes tratamientos biológicos en Talamanca, Costa Rica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología Participativa

Los ensayos fueron diseñados conjuntamente por investigadores, extensionistas y pequeños productores afiliados a la Asociación de Pequeños Productores de Talamanca (APPTA). Los ensayos de control cultural se instalaron en cuatro comunidades de baja Talamanca (Amubri, Punta Riel, Río Seco y San Clemente), incluyendo productores indígenas y afrocaribeños. En esta zona existen otras oportunidades de empleo, por lo tanto, el tiempo dedicado al cacao es bajo. Para asegurar la ejecución de las prácticas en el cultivo durante este trabajo, se pagó a los productores por la mano de obra para la remoción de frutos enfermos.

Los ensayos de control biológico se instalaron en tres comunidades indígenas de alta Talamanca, donde por razones culturales y por la ausencia de alternativas económicas, existe más interés en el cultivo del cacao. Los agricultores estuvieron entusiasmados por experimentar con una metodología poco probada, sabiendo que posiblemente no iban a encontrar la solución perfecta para los problemas fitosanitarios del cacaotal, pero que tal vez podrían reducir la moniliasis a un nivel manejable por medio de medidas culturales. Las parcelas en Chase y Yorkín pertenecieron al territorio Bribri, mientras las parcelas en San Vicente se ubicaron en el territorio Cabécar.

Control Cultural

Se comparó el control cultural (remoción de frutos enfermos) en intervalos semanales y quincenales con un testigo absoluto donde no se practicó ningún control, excepto una purga de frutos al inicio del ensayo y otra al final de los dos ciclos de producción (2001-2002 y 2002-2003). Durante el segundo ciclo, algunas mazorcas enfermas del testigo fueron removidas antes de caerse (ya momificadas) para contarlas.

Control Biológico

Se evaluaron siete tratamientos biológicos (T1-T7) en comparación con un testigo absoluto (Cuadro 1). Con excepción de *Trichoderma* sp.⁴ Tr-4 (T7), todos los tratamientos fueron mezclas de *Clonostachys* spp., ante-

riormente conocidos como *Gliocladium* spp. y *Verticillium* spp. (Schroers 2001). Además, T2 contuvo *Trichoderma* Tr-4. Se incluyeron antagonistas nativos, debido al supuesto de que ellos tienen la mejor adaptación a condiciones locales y antagonistas peruanos debido a su eficiencia comprobada (Krauss y Soberanis 2002) pero una adaptación desconocida.

Clonostachys spp. se produjo en Guata según Krauss et al (2002) y *Trichoderma* sp. Tr-4 en arroz (Krauss y Soberanis 2002). En ambos casos, los rendimientos después de la extracción fueron $\geq 10^7$ ufc ml⁻¹ (ufc: unidades formadoras de colonias). Las aplicaciones se hicieron en intervalos mensuales a razón de aproximadamente 3×10^{12} ufc ha⁻¹.

Diseño Experimental y Análisis de Datos

Los ensayos tuvieron un diseño de bloques al azar con cinco bloques (fincas). Cada tratamiento fue aplicado a 40 árboles (unidad experimental) en los ensayos de control cultural y a 20 árboles en los ensayos de control biológico. Los ensayos de control cultural se realizaron durante dos ciclos de producción (2001-2002 y 2002-2003) y los de control biológico solamente en 2001-2002.

La incidencia (%) y los conteos de frutos fueron analizados con los modelos generalizados lineales de Genstat 5. El análisis económico se hizo también consultando las contrapartes de APPTA y el Proyecto

Cuadro 1. Aislamientos de antagonistas usados en los siete tratamientos biológicos aplicados en cacaotales de cuatro comunidades de Baja Talamanca, Costa Rica.

Tratamiento	Origen	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
<i>Clonostachys byssicola</i>								
AMR0037	Costa Rica	-	-	-	-	-	/	-
AMR0038	Costa Rica	-	-	-	-	-	/	-
AMR0039	Costa Rica	-	-	-	-	-	/	-
AMR0041	Costa Rica	-	-	-	-	-	/	-
AMR0042	Costa Rica	-	-	-	-	-	/	-
AMR0043	Costa Rica	-	-	-	-	-	/	-
<i>Clonostachys rosea</i>								
APP0002	Costa Rica	-	-	/	-	/	-	-
APP0013	Costa Rica	-	-	/	-	/	-	-
APP0014	Costa Rica	-	-	/	-	/	-	-
APP0016	Costa Rica	-	-	-	/	/	-	-
APP0019	Costa Rica	-	-	-	/	/	-	-
APP0024	Costa Rica	-	-	-	/	/	-	-
G-2	Perú	/	/	-	-	-	-	-
G-3	Perú	/	/	-	-	-	-	-
G-7	Perú	/	/	-	-	-	-	-
<i>Trichoderma</i> sp.								
Tr-4	Perú	-	/	-	-	-	-	/

⁴ Krauss y Soberanis (2002), basado en una identificación hecha por el International Mycological Institute (IMI), lo llamaron *Trichoderma longibrachiatum*, mientras Garry Samuels (USDA) sospecha que se trata de *Trichoderma asperellum*



La eliminación de ramas improductivas (deschupona) mejora el vigor de los cacaotales orgánicos de Talamanca, Costa Rica. Foto: Archivo Proyecto Cacao y Biodiversidad (CATIE-GEF-Banco Mundial)

cacao orgánico y biodiversidad (CATIE). Además, se comparó con un modelo que permite calcular costos y ganancias bajo diferentes regímenes de control cultural (Leach *et al* 2002).

Socioeconomía del manejo

Se estimó la ganancia neta de los cacaotales de Talamanca mediante simulación usando el modelo de

dinámica de la productividad, de manejo y de economía de *Moniliophthora roreri* desarrollado por Leach *et al* (2002). Este modelo evalúa las ganancias netas de varias estrategias de manejo de cacaoteros de Costa Rica. En la simulación se asumieron los siguientes valores: densidad 625 árboles ha⁻¹, índice de mazorcas 24 mazorcas kg⁻¹ cacao seco, precio de cacao orgánico US\$1,39 kg⁻¹, tasa de remoción fitosanitaria 1 ha día⁻¹, tasa de cosecha 2 ha día⁻¹, costo de una aplicación biológica US\$27,00 ha⁻¹ (Krauss *et al* 2002). En el caso del tratamiento químico más biológico (Quim. + Biol.) se evaluó el efecto del número de aplicaciones anuales (3 y 8). Además, la eficiencia de remoción y de cosecha seleccionadas para el modelo (Leach *et al* 2002), fueron 80 y 95%, respectivamente. El modelo no estima valores para el control biológico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Control cultural

La incidencia de moniliasis fue más alta en el primer año (89%) que en el segundo (74%) ($p < 0,001$). No se puede decir si eso se debió a un manejo mejorado del cacao por el control continuo de enfermedades o a diferencias agroclimáticas entre años. El control cultural

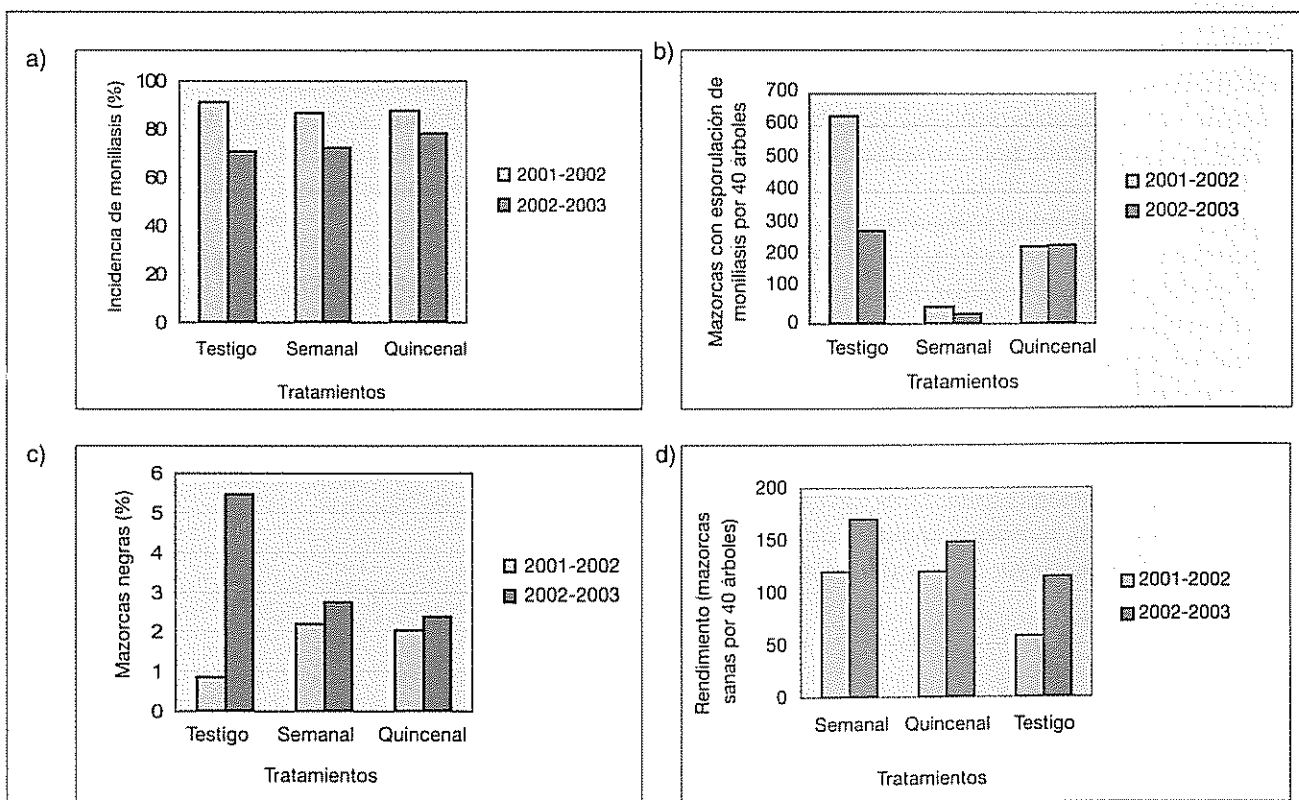


Figura 2. Tres regímenes de control cultural y su efecto sobre la incidencia (%) de las enfermedades de moniliasis (a) y mazorca negra (c), el número de mazorcas infectadas por moniliasis que llegan hasta la esporulación (b) y los rendimientos (d), en los ensayos realizados en cuatro comunidades de Baja Talamanca, Costa Rica.

en intervalos semanales fue eficiente, mientras que el control quincenal no redujo significativamente la incidencia de moniliasis en comparación al testigo ($p=0,325$). Este efecto fue más pronunciado en el primer año con alta incidencia de moniliasis, que en el segundo año con menor incidencia (Figura 2a). El efecto principal de la remoción de frutos enfermos fue una reducción ($p<0,001$) del número de mazorcas infectadas que llegaron hasta la esporulación. La remoción quincenal redujo el número en un 15-63% (segundo y primer año) mientras la remoción semanal lo redujo en un 90-92%, respectivamente (Figura 2b).

La incidencia de mazorca negra fue baja, sin diferencias consistentes entre tratamientos. En el segundo año, se observó más mazorca negra que en el primer año (3,3 vs 1,6%; $p<0,001$), debido principalmente a un aumento de mazorca negra en el testigo en el segundo año (Figura 2c).

El porcentaje de mazorcas sanas aumentó de 9% en el primer año, a 22% en el segundo año ($p<0,001$). Mientras la remoción quincenal no difirió del testigo ($p=0,532$), la remoción semanal mejoró el porcentaje de mazorcas sanas ($p<0,01$). En términos absolutos, ambos sistemas de manejo cultural resultaron en un aumento de rendimientos ($p<0,001$). Aunque el incremento en cosecha fue levemente mayor con el control semanal (Figura 2d), esta diferencia no alcanzó significancia estadística ($p=0,074$).

Nuestros resultados confirman la sugerencias epidemiológicas de Soberanis *et al* (1999) y Leach *et al* (2002): "para reducir el inóculo de *M. royeri*, la remoción semanal de mazorcas infectadas es esencial". Vale destacar que la remoción debe ser oportuna; en caso contrario, una sola falla puede permitir la esporulación de mazorcas en la copa y así diseminar el patógeno. Aunque la reducción de la incidencia de la moniliasis fue menos espectacular que el efecto sobre la esporulación (Figura 2), es obvio que la incidencia disminuiría si la remoción semanal de mazorcas se practicara en un área mayor en vez de aplicarla en 40 árboles por parcela.

Control biológico

Cuatro de los siete tratamientos biológicos (Figura 3) redujeron la incidencia de moniliasis (T3, T4, T6 y T7; $p\leq 0,041$). Este último tratamiento fue el más eficiente, seguido por T3. Ningún tratamiento redujo significativamente la incidencia de mazorca negra. Todos los tratamientos, excepto T4, aumentaron significativamente el porcentaje de mazorcas sanas ($p\leq 0,034$). Los tratamien-

tos T2, T5, T6 y T7 lograron un aumento de rendimientos absolutos (Cuadro 2). El mayor aumento fue de 49,5% para T2 seguido por 34% para T7 y 32% para T5.

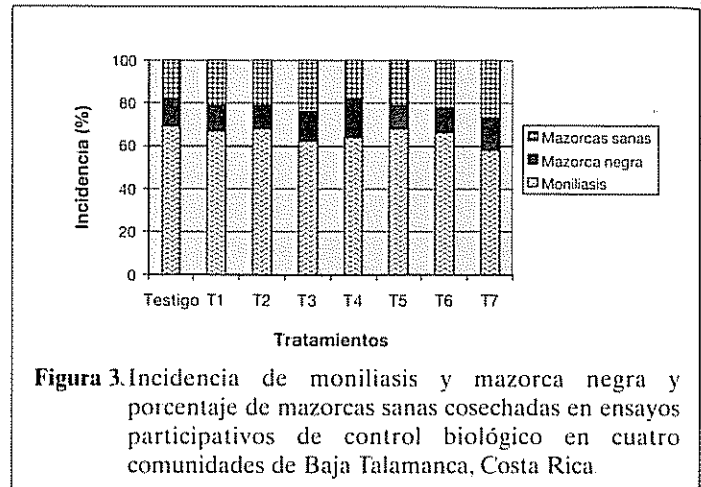


Figura 3. Incidencia de moniliasis y mazorca negra y porcentaje de mazorcas sanas cosechadas en ensayos participativos de control biológico en cuatro comunidades de Baja Talamanca, Costa Rica.

Los biocontroladores más eficientes en este estudio fueron los antagonistas importados del Perú: T7 y T2 (Cuadros 1 y 2). Sin embargo, no alcanzaron en Costa Rica los niveles de control reportados en el Perú (Krauss y Soberanis 2001a y 2002). Es probable que esto se deba a una adaptación incompleta a las condiciones ambientales costarricenses. El efecto de los tratamientos peruanos fue seguido por la mezcla nativa más compleja, T5. Esta observación coincide con Krauss y Soberanis (2001a). Valdría la pena evaluar mezclas de cepas Peruanas altamente eficientes con cepas nativas de buena adaptación.

Cuadro 2. Efecto del control biológico en los rendimientos (números de mazorcas sanas) de cacao en comunidades de Baja Talamanca, Costa Rica.

Tratamiento	Mazorcas Sanas (Número por 20 árboles)	Mejoramiento (%) comparado con el Testigo
T2	60,4 ^d	49,5
T7	54,1 ^{cd}	33,9
T5	53,4 ^{bcd}	32,2
T6	49,0 ^b	21,3
T3	46,5 ^{abc}	ns
T1	44,9 ^{ab}	ns
Testigo	40,4 ^a	
T4	38,3 ^a	ns

ns: no significativo. Letras diferentes en la misma columna denotan diferencias estadísticas ($p<0,05$)

Socioeconomía del manejo

A pesar de su eficiencia epidemiológica, el manejo fitosanitario no resultó atractivo económicamente bajo las condiciones socioeconómicas de Talamanca. En los dos años experimentales todos los regímenes de manejo cultural y

biológico resultaron en pérdidas económicas tomando un costo de US\$8 día⁻¹ para mano de obra en la franja costera y de US\$5 día⁻¹ en Talamanca indígena (Figura 4). Solamente el testigo produjo ganancias netas. Sin embargo, ambos años experimentales fueron muy malos para el cacao. Los rendimientos extrapolados para los diferentes regímenes de manejo variaron entre 54 y 112 kg ha⁻¹ año⁻¹, mientras en un año normal estas fincas rinden alrededor de 150 kg ha⁻¹ año⁻¹ con manejo mínimo.

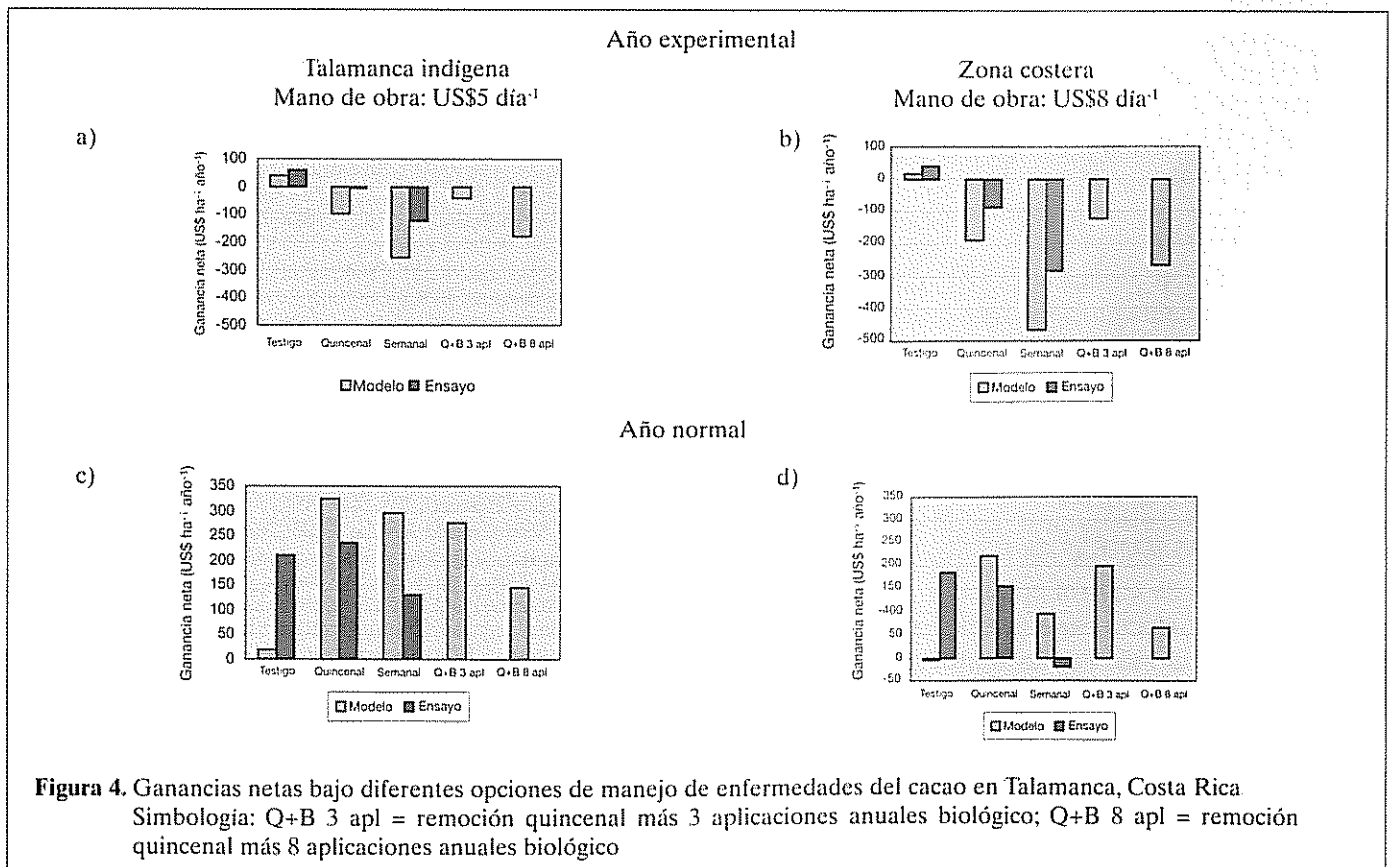
Asumiendo un año normal, el testigo resultó lo más económico en Baja Talamanca, seguido por el manejo fitosanitario en intervalos quincenales y este mismo manejo combinado con el control biológico con ocho aplicaciones por año (Figura 4). Por otro lado, si se lograra reducir el número de aplicaciones a solamente tres por año sin perjudicar su eficiencia, como fue el caso en el Perú (Krauss y Soberanis 2002), el control biológico combinado con la remoción quincenal resultaría ser el tratamiento más económico en ambas zonas (Figura 4). La remoción fitosanitaria en intervalos semanales fue el tratamiento menos económico en ambas zonas; este efecto fue más pronunciado en el año experimental que en un año normal.

Las ganancias generadas por el modelo de Leach *et al* (2002) coincidieron relativamente bien con las ganancias

observadas en los ensayos y extrapolados para un año normal. Aunque el modelo generó una proyección de ganancias relativamente pesimista para el testigo, la semejanza para los demás tratamientos en años tan extremos sugiere que con poca actualización se podría adaptar el modelo (basado en datos históricos de 1991-1995) a condiciones más amplias y también incluir otras opciones para combatir la moniliasis, como por ejemplo el control biológico. Con estas modificaciones, el modelo podría ser usado no solamente para recomendar el manejo más económico dependiendo de las circunstancias socioeconómicas, sino también para estimar el beneficio de capacitaciones de agricultores (Leach *et al* 2002) con el fin de reconocer la moniliasis más temprano y así quitar mazorcas infectadas antes de la producción del inóculo.

Desarrollo participativo de una estrategia integrada para combatir la moniliasis

Los resultados de este estudio coinciden con la intuición de muchos productores de que es mejor reducir el manejo del cacao al mínimo para que sea rentable. Sin embargo, todos los agricultores participantes en los ensayos de control cultural decidieron aumentar el número de remociones fitosanitarias que dan al cacao. Antes de estos ensayos, los participantes solamente cosecharon mazorcas sanas o quitaron mazorcas infectadas durante la época de la cosecha. A pesar de dos años



malos, en términos de producción, todos concluyeron que el cacao requiere un manejo fitosanitario en intervalos quincenales, pero este manejo no se da desde la floración (que es como debería ser para que resulte efectivo), sino que sólo inicia cuando ya se ven frutos. Soberanis *et al* (1999) y Krauss y Soberanis (2001b) destacaron la importancia de comenzar el control de moniliasis con el inicio del pico de floración, debido a la larga fase latente de la infección. Como esta recomendación contradice la intuición del agricultor y además no parece económica, es necesario complementar el control cultural con el control biológico.

Ambos métodos (control cultural y control biológico) tuvieron un efecto significativo pero incompleto sobre la moniliasis; por lo tanto, sería conveniente evaluar su efecto conjunto. Es probable que los biocontroladores encuentren un nivel de moniliasis controlable si se pudiera reducir la cantidad del inóculo de *M. royeri* mediante un control cultural mejorado. Por su parte, los antagonistas reducirán aún más la presión patogénica por su efecto drástico sobre la esporulación de *M. royeri*, facilitando el control cultural a mediano plazo. A largo plazo, se podría incorporar el uso de germoplasma resistente (ten Hoopen *et al* 2003). Los agricultores participantes mencionaron que este estudio les permitió identificar germoplasma no productivo en sus cacaotales y mostraron gran interés en reemplazarlo. Ellos destacaron la importancia de una estrategia integrada para el manejo de la moniliasis para garantizar ingresos por cacao en Talamanca, la sostenibilidad del cultivo y de los sistemas agroforestales asociados. Igualmente, los agricultores demandaron más capacitación participativa.

CONCLUSIONES

- La investigación participativa del control biológico y cultural de monilia funcionó bien en Talamanca.
- El control económico de la moniliasis en Talamanca requiere una estrategia integrada.
- Se requiere más investigación para evaluar diferentes combinaciones de control biológico y cultural y el uso de varias mezclas de antagonistas peruanos y nativos.

RECOMENDACIONES

- Los métodos de control cultural y control biológico tuvieron un efecto significativo pero incompleto sobre la moniliasis. Por lo tanto, sería conveniente evaluar su efecto conjunto.
- Como medida a corto y mediano plazo, se recomienda la combinación del control biológico, con tres aplicaciones mensuales, comenzando con la floración, seguido por la

remoción fitosanitaria quincenal de mazorcas enfermas. Se debe considerar también el mejoramiento fitogenético.

- Se recomienda actualizar la base de datos del modelo y también incluir otras opciones para combatir la moniliasis, como por ejemplo el control biológico. Con estas modificaciones, el modelo podría ser usado no solamente para recomendar el manejo más económico dependiendo de las circunstancias socioeconómicas, sino también para estimar el beneficio de capacitaciones de agricultores en el reconocimiento temprano de la moniliasis y la remoción de mazorcas infectadas antes de la esporulación.
- La instalación de una parcela demostrativa mayor a 1 ha podría ser una herramienta ideal para la capacitación práctica de agricultores. El modelaje puede asistir en la selección de opciones de manejo y la definición de prioridades curriculares.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Proyecto cacao orgánico y biodiversidad (GEF-Banco Mundial-CATIE), el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA-ARS) y el Departamento de Colaboración Internacional de Holanda (DGIS) y fue administrado por CATIE y CABI Bioscience. Agradecemos la colaboración de todos los agricultores y discusiones constructivas con Hernán Andrade, Harry Evans, Julie Flood, Keith Holmes, Adrian Leach, John Mumford, Walter Rodríguez, Eduardo Somarriba y Marilyn Villalobos. Maribel Mora y Miguel Sanabria brindaron asistencia técnica y Ghiselle Alvarado asistencia administrativa.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Guiracocha, G; Harvey C; Somarriba, E; Krauss, U; Carillo, E 2001. Conservación de la biodiversidad en sistemas agroforestales con cacao y banano en Talamanca, Costa Rica *Agroforestería en las Américas* 8(30): 7-11
- Krauss, U; Soberanis, W 2001a. Biocontrol of cocoa pod diseases with mycoparasite mixtures. *Biological Control* 22: 149-158.
- Krauss, U; Soberanis, W 2001b. Rehabilitation of diseased cocoa fields in Peru through shade regulation and timing of biocontrol measures. *Agroforestry Systems* 53: 179-184.
- Krauss, U; Soberanis, W 2002. Effect of fertilization and biocontrol application frequency on cocoa pod diseases. *Biological Control* 24: 82-89.
- Krauss, U; Martínez, A; Hidalgo, E; ten Hoopen GM; Arroyo, C 2002. Two-step liquid/solid state mass production of *Clonostachys rosea*. *Mycological Research* 106: 1449-1454
- Leach, AW; Mumford, JD; Krauss, U 2002. Modelling *Moniliophthora royeri* in Costa Rica. *Crop Protection* 21: 317-326.
- Schroers, HJ 2001. A monograph of *Bionectria* (Ascomycota, Hypocreales, Bionectriaceae) and its *Clonostachys* anamorphs. *Studies in Mycology* 46: 1-214.
- Soberanis, W; Ríos, R; Arévalo, E; Zúñiga, L; Cabezas, O; Krauss, U 1999. Increased frequency of phytosanitary pod removal in cacao (*Theobroma cacao*) increases yield economically in eastern Peru. *Crop Protection* 18: 677-685
- ten Hoopen, M; Rees, R; Aisa, P; Stirrup, T; Krauss, U 2003. Population dynamics of epiphytic mycoparasites in cocoa. *Mycological Research* 107: 587-596