

# **SIGATOKA NEGRA DEL BANANO: MANEJO INTEGRADO BASADO EN EL CONOCIMIENTO DEL PATOSISTEMA**

**Mario Orozco-Santos**  
**Campo Experimental Tecomán. *inifap* - México**



## LA SIGATOKA NEGRA Y SU MANEJO INTEGRADO EN BANANO



## Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en bananos y plátanos

Mario Orozco-Santos<sup>1\*</sup>, José Orozco-Romero<sup>1</sup>, Octavio Pérez-Zamora<sup>1</sup>, Gilberto Manzo-Sánchez<sup>2</sup>, Javier Farías-Larios<sup>2</sup> & Wilson da Silva Moraes<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – INIFAP, Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Campo Experimental Tecomán, Apartado postal 88, Tecomán, Colima, 28100 México; <sup>2</sup>Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Laboratorio de Biotecnología, Apartado postal 36, Tecomán, Colima, 28100 México; <sup>3</sup>Universidade Estadual Paulista, Campus Experimental de Registro, 11900-000, Registro, SP, Brasil



*Plant Pathology* (2019) 68, 513–522

Doi: 10.1111/ppa.12965

### Genetic variability of *Pseudocercospora fijiensis*, the black Sigatoka pathogen of banana (*Musa* spp.) in Mexico

G. Manzo-Sánchez<sup>a\*</sup>, M. Orozco-Santos<sup>b</sup>, I. Islas-Flores<sup>c</sup>, L. Martínez-Bolaños<sup>d</sup>, S. Guzmán-González<sup>a</sup>, C. L. Leopardi-Verde<sup>a</sup> and B. Canto-Canché<sup>e</sup>

<sup>a</sup>Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Colima, Autopista Colima-Manzanillo km 40, C.P. 28930 Tecomán, Colima; <sup>b</sup>INIFAP-Campo Experimental Tecomán, Colima Ap. Postal 88, C.P. 28100 Tecomán, Colima; <sup>c</sup>Unidad de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas, Centro de Investigación Científica Yucatán, A.C., Calle 43 No. 130 X 32 y 34, Col. Churburná de Hidalgo, C.P. 97205 Mérida, Yucatán; <sup>d</sup>Unidad Regional Universitaria Sur-sureste, Universidad Autónoma Chapingo, San José Puyacatengo, C.P. 86600 Teapa, Tabasco; and <sup>e</sup>Unidad de Biotecnología, Centro de Investigación Científica Yucatán, A.C., Calle 43 No. 130 X 32 y 34, Col. Churburná de Hidalgo, C.P. 97205 Mérida, Yucatán, México

**orozco.mario@inifap.gob.mx**

# Hongos con efectos catastróficos

*Puccinia graminis*  
CEREALES

*Phytophthora infestans*  
SOLANACEAS

*Claviceps africana*  
SORGO



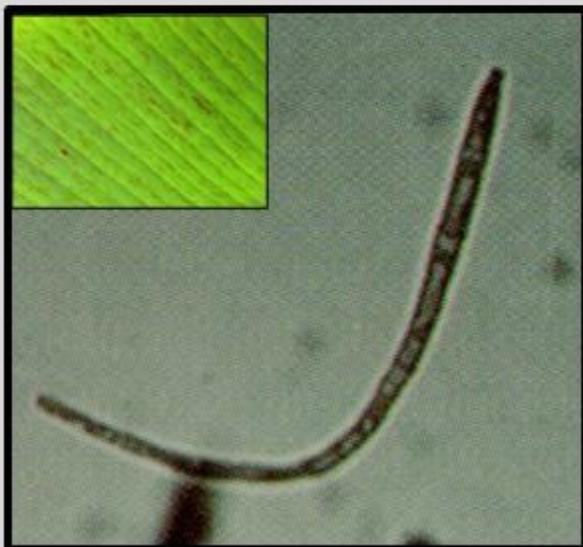
*Pseudocercospora fijiensis*  
MUSÁCEAS

*Fusarium oxysporum*  
VARIOS CULTIVOS

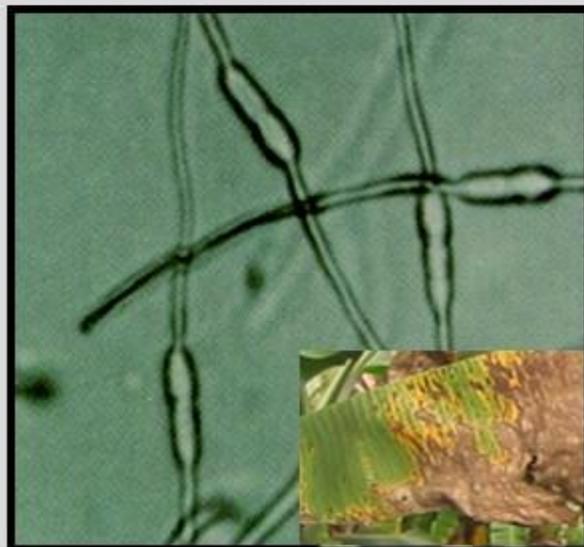
*Hemileia vastratix*  
CAFE

# SIGATOKA NEGRA

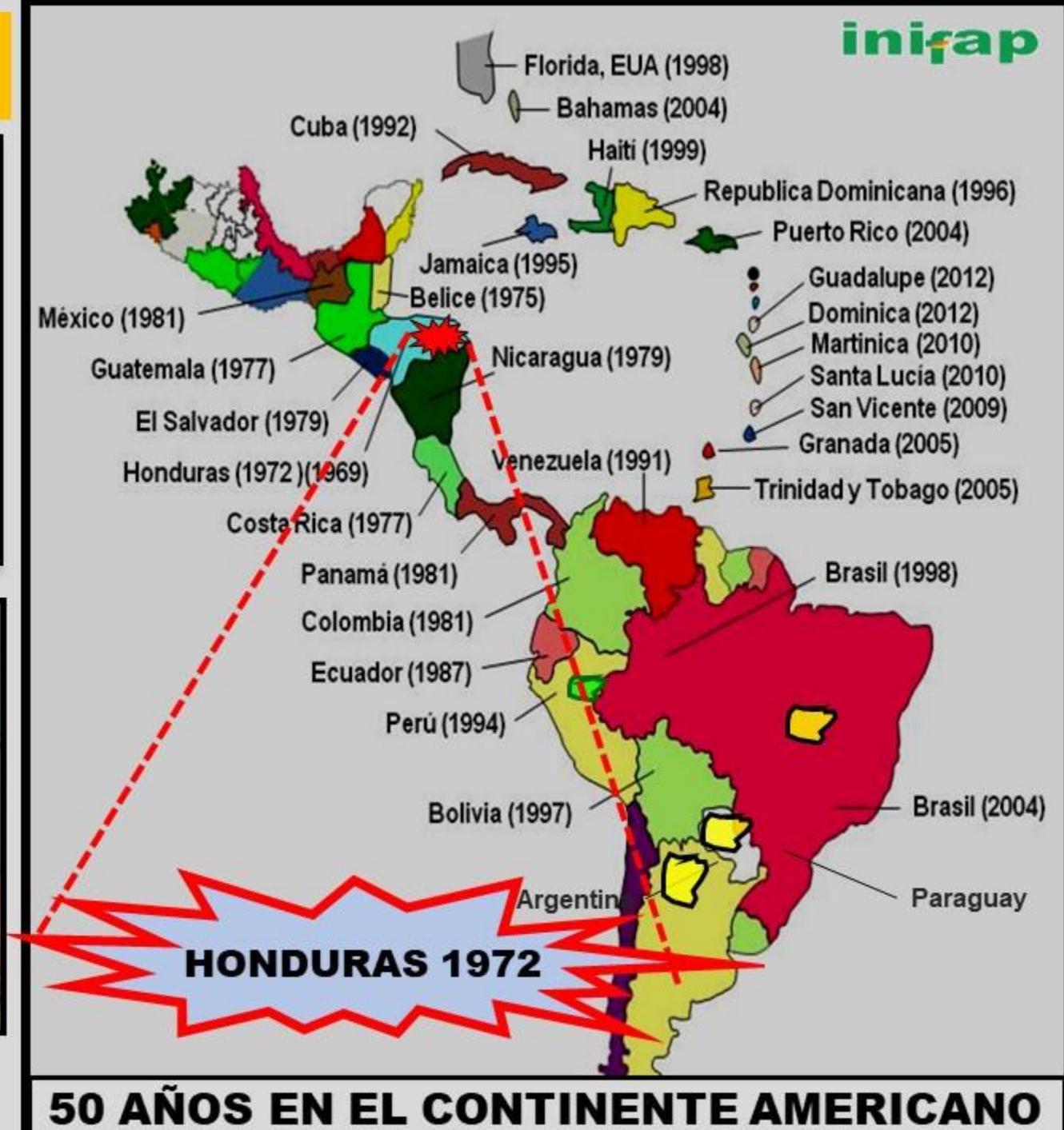
**Principal Problema Fitosanitario que afecta el follaje del banano en América Latina y el Caribe**



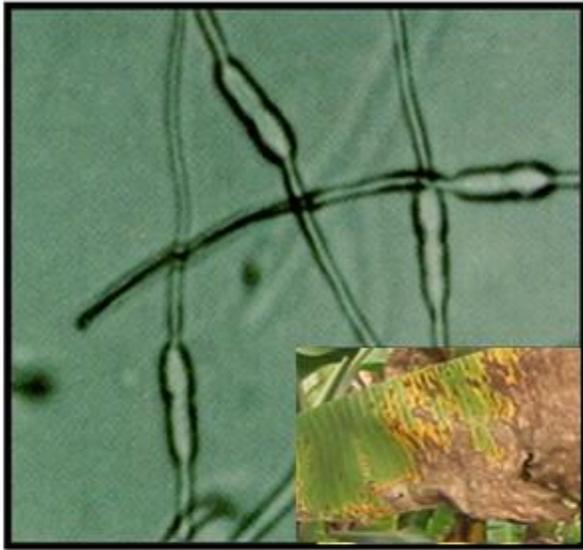
*Pseudocercospora fijiensis*  
Anamorfo (asexual)



*Mycosphaerella fijiensis*  
Teleomorfo (sexual)

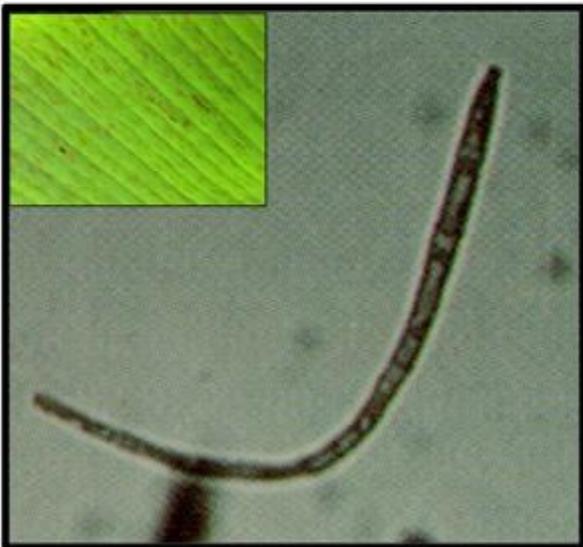






*Mycosphaerella fijiensis*  
Teleomorfo (sexual)

- **Producción de ascosporas en lesiones maduras**
- **Fuente de inóculo más importante**
- **Dispersión por el viento**
- **Dispersión a distancia (entre plantas y saltos)**
- **Factor lluvia es importante**
- **Infección principalmente en los ápices de las hojas**
- **Sobreviven en pseudotecios (hasta 8 semanas)**



*Pseudocercospora fijiensis*  
Anamorfo (asexual)

- **Producción de conidios en lesiones jóvenes**
- **Fuente de inóculo secundaria**
- **Dispersión por el agua**
- **Dispersión local**
- **Factor rocío y lluvia es importante**
- **Infección en las hojas (lagrimeo)**
- **Sobreviven en hojas hasta 3-4 semanas**

# SIGATOKA NEGRA

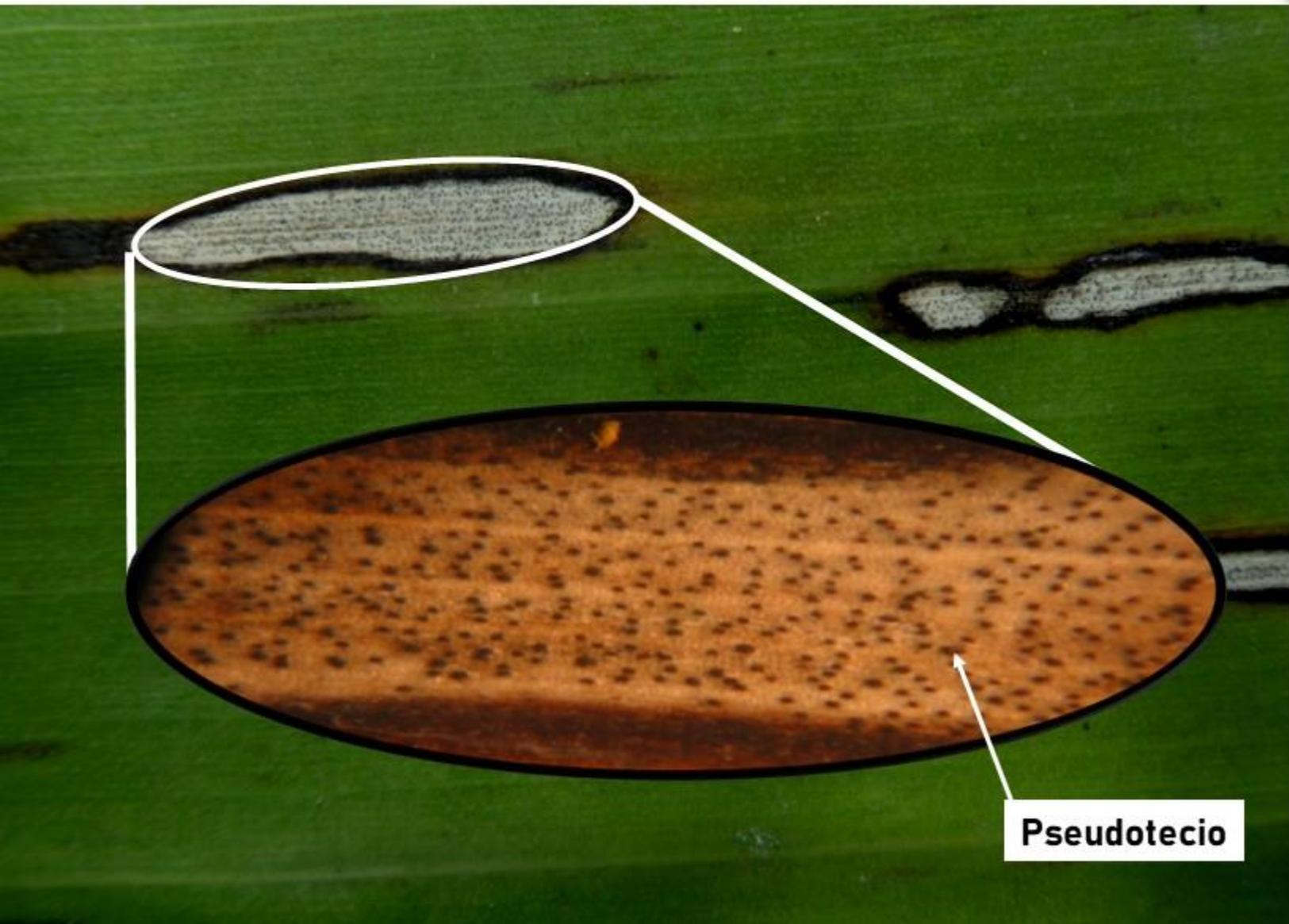


## FUENTE DE INOCULO

- 473 pseudotecios
- 2 to 4 ascas/pseudotecio
- 8 ascosporas/asca

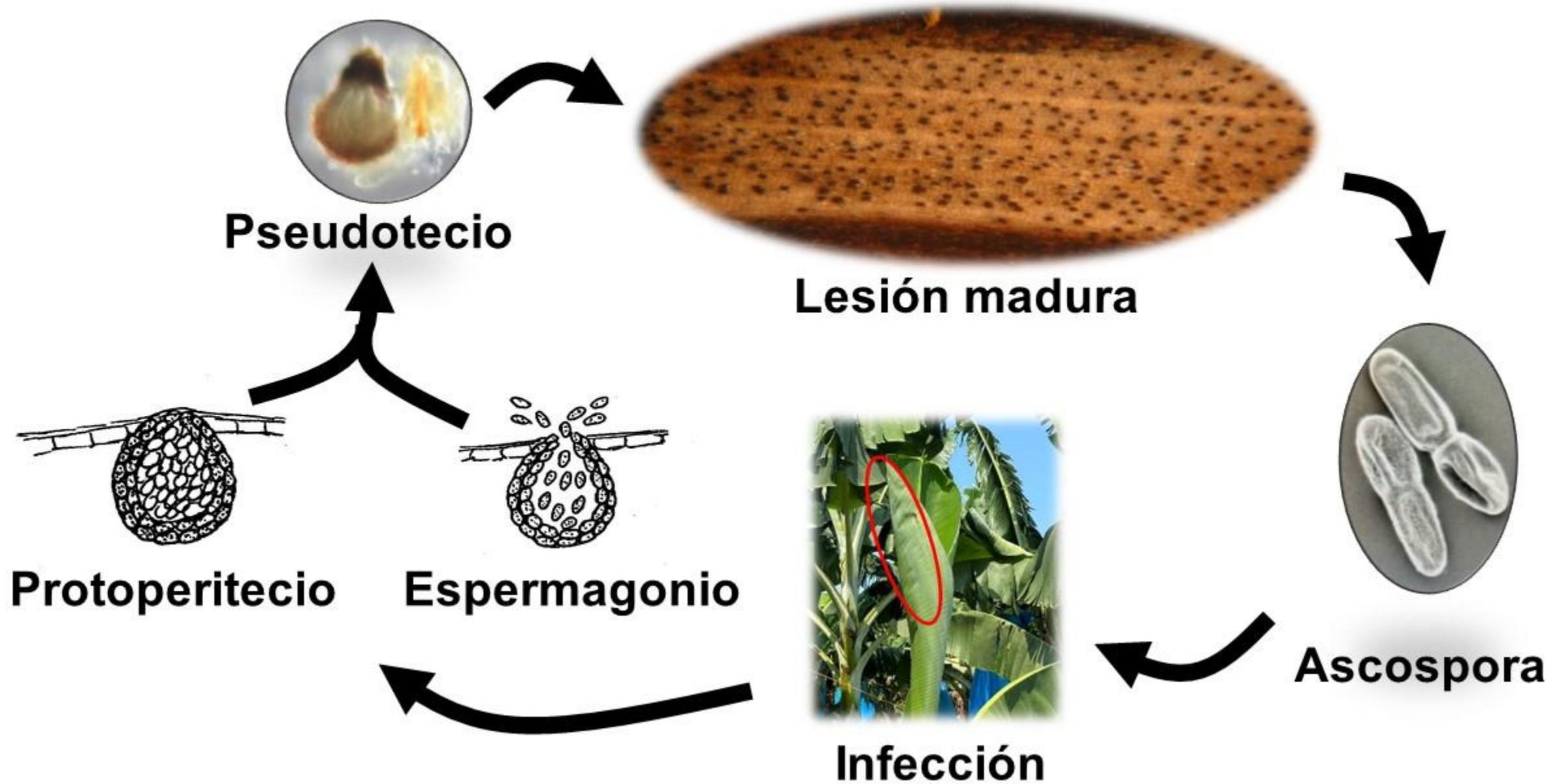
**11,300 ASCOSPORAS/LESION**

**iniřap**



Pseudotecio

# RECOMBINACIÓN GENÉTICA



# EVOLUCIÓN DEL HONGO (5 DÉCADAS)

- **Variabilidad genética**
- **Agresividad o virulencia**
- **Adaptación a clima**
- **Resistencia a fungicidas**



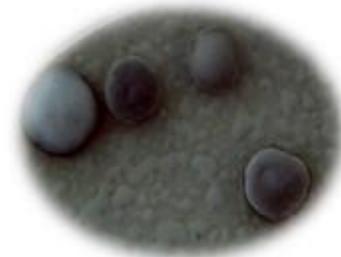
- ALTA VARIABILIDAD
- MUTACIONES
- EVOLUCIÓN



- FHIA 21
- YANGAMBI



- TRÓPICO HÚMEDO
- TRÓPICO SECO
- SUBTROPICOS

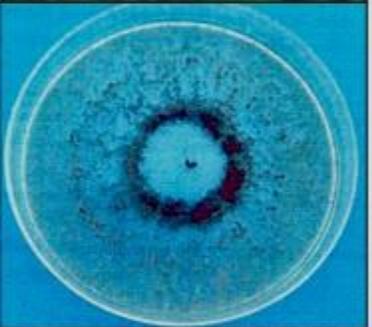


- BENZIMIDAZOLES
- TRIAZOLES
- ESTROBILURINAS
- SDHIs

# MANEJO INTEGRADO

inifap

- **Conocimiento del patosistema**
- **Control legal en países o áreas libres**
- **Variedades resistentes**
- **Prácticas de cultivo**
- **Control biológico (Avances)**
- **Material certificado (Garantía de sanidad)**
- **Uso de biotecnología (Procesos)**
- **Control químico/alternativo**



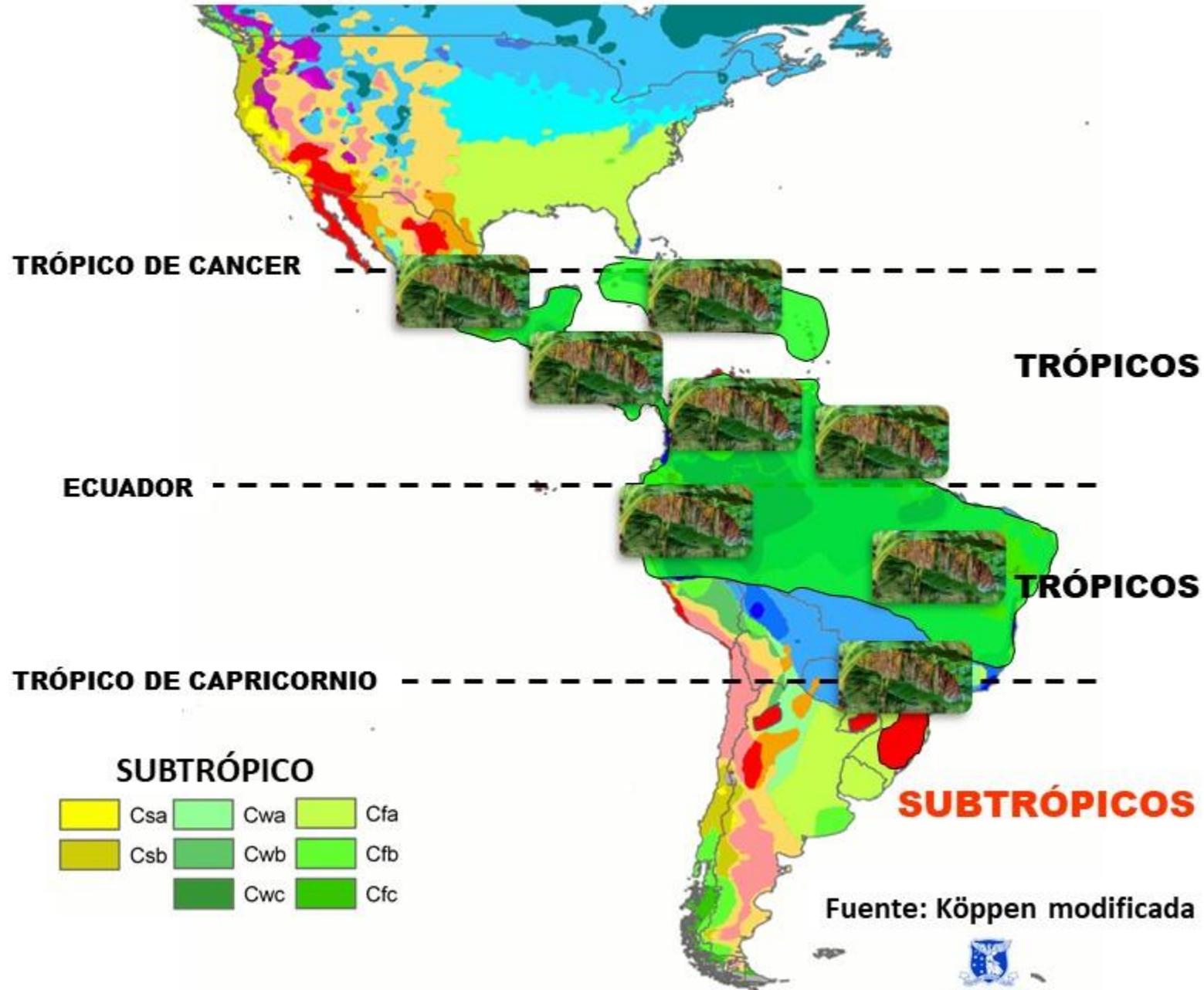
# PATOSISTEMA DE SIGATOKA

inifap

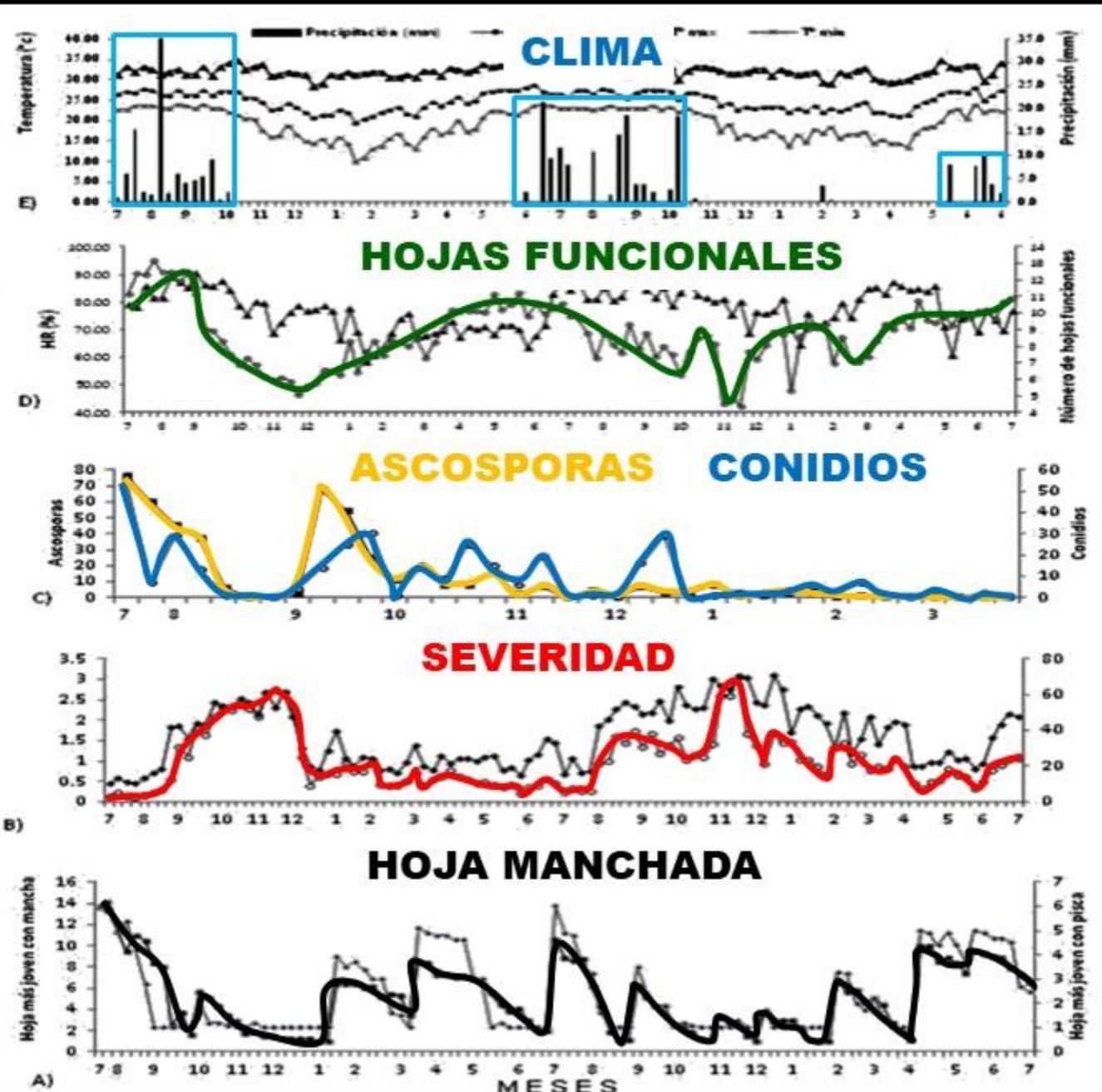


# CONTINENTE AMERICANO

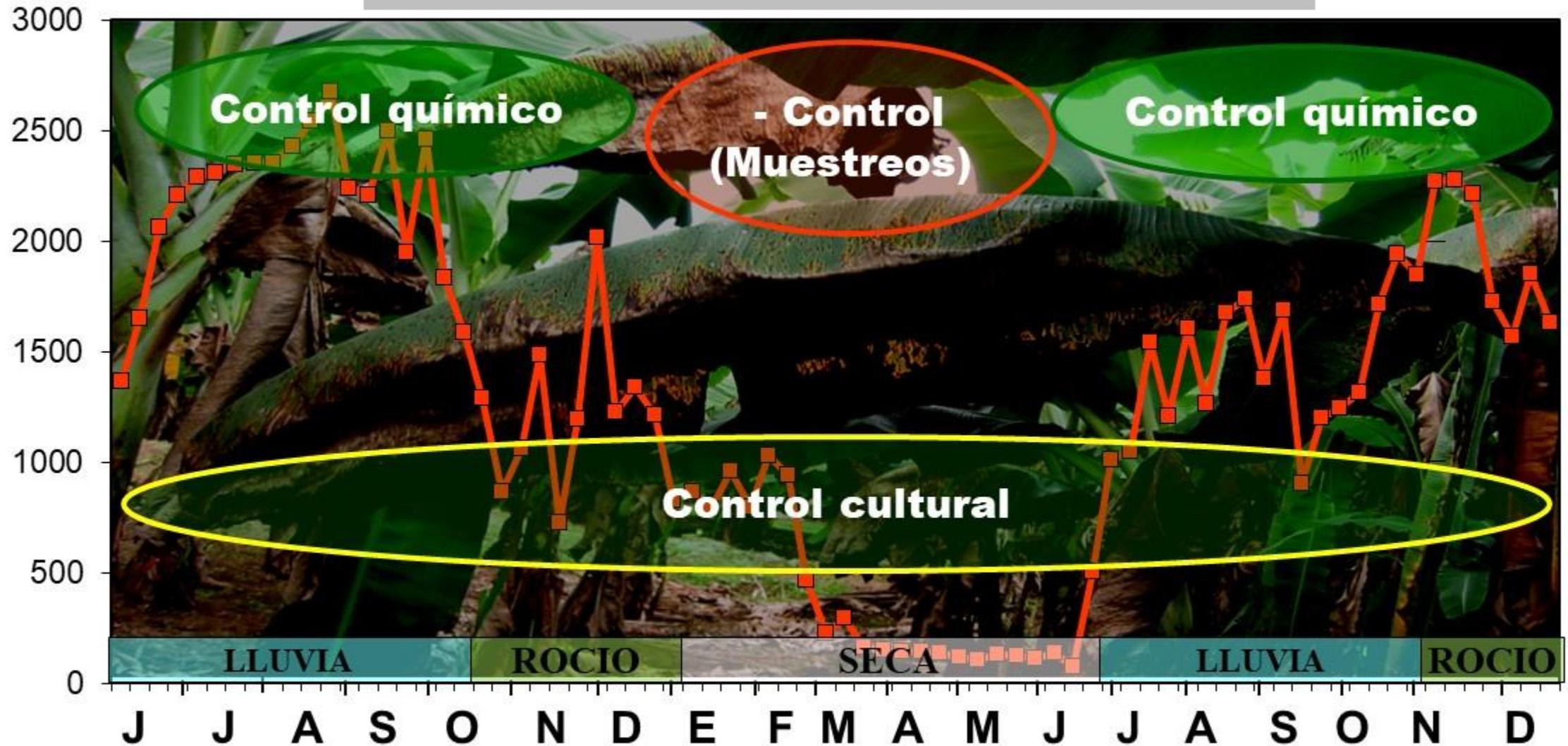
C  
L  
I  
M  
A  
S



# CONOCIMIENTO DEL PATOSISTEMA



# ESTADO DE EVOLUCIÓN



## COMPORTAMIENTO DE SIGATOKA NEGRA

# FOLLAJE FUNCIONAL



CAVENDISH



(32-34)



NÚMERO DE HOJAS PRODUCIDAS

- Hojas a la floración ( $\geq 10$ )
- Hojas a la cosecha ( $\geq 6$ )

## CONTROL CULTURAL

- Remoción de tejido foliar
- Manejo de hojas (Minicomposteo)

## CONTROL QUÍMICO Y ALTERNATIVO



- Remoción de tejido foliar
- Manejo de hojas (Minicomposteo)

Las Aplicación de urea o desecantes a reducir **condiciones favorables** a la eliminación de plantas cosechadas a

establecer **Densidad de plantación y deshierbo**, incluir **Sistema de drenaje**, establecer **barreras física**

**Método de riego** reducir **fuentes de inóculo** dentro **Fertilización** (Moorman, 2004).

- Control de malezas
- Plagas y nematodos

# MANEJO DE HOJARASCA

inifap





# ACOMODO DE HOJARASCA

inifap



SIN ACOMODO



ACORDONADO

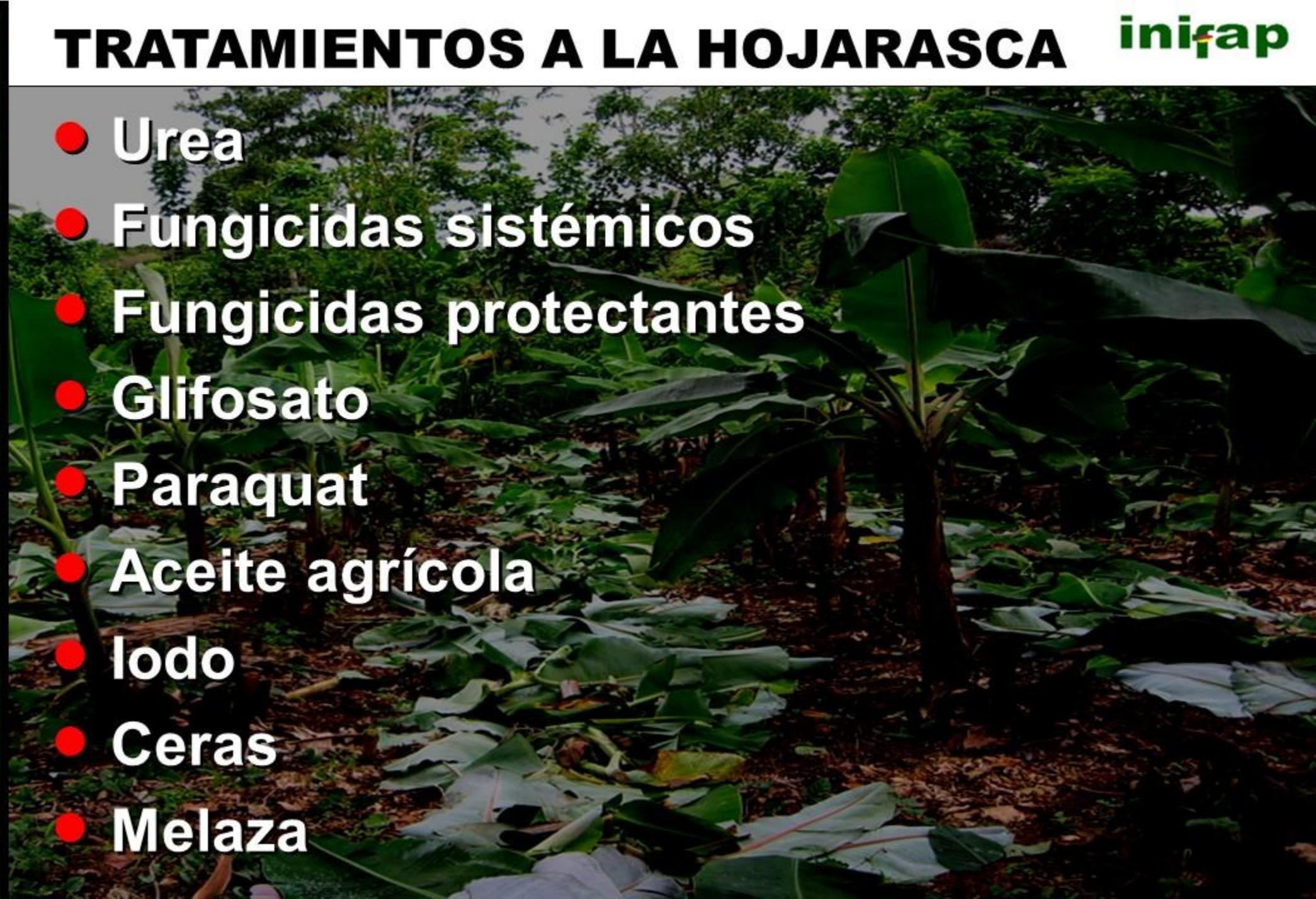


MINICOMPOSTEO

**40% de inoculo**

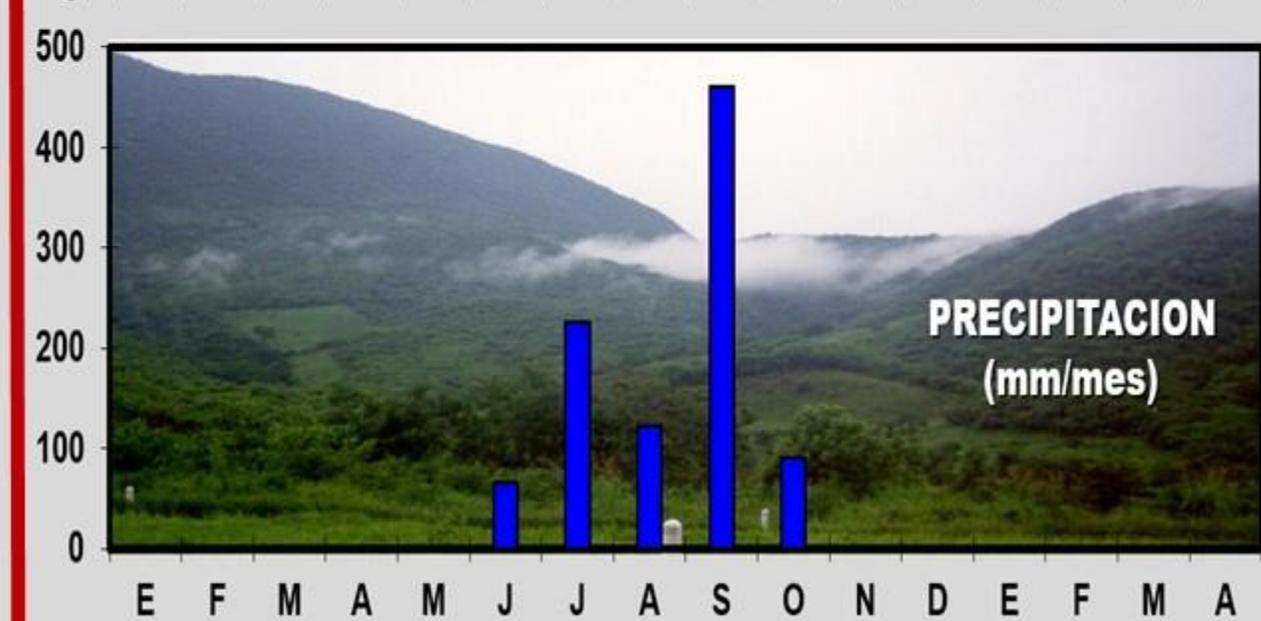
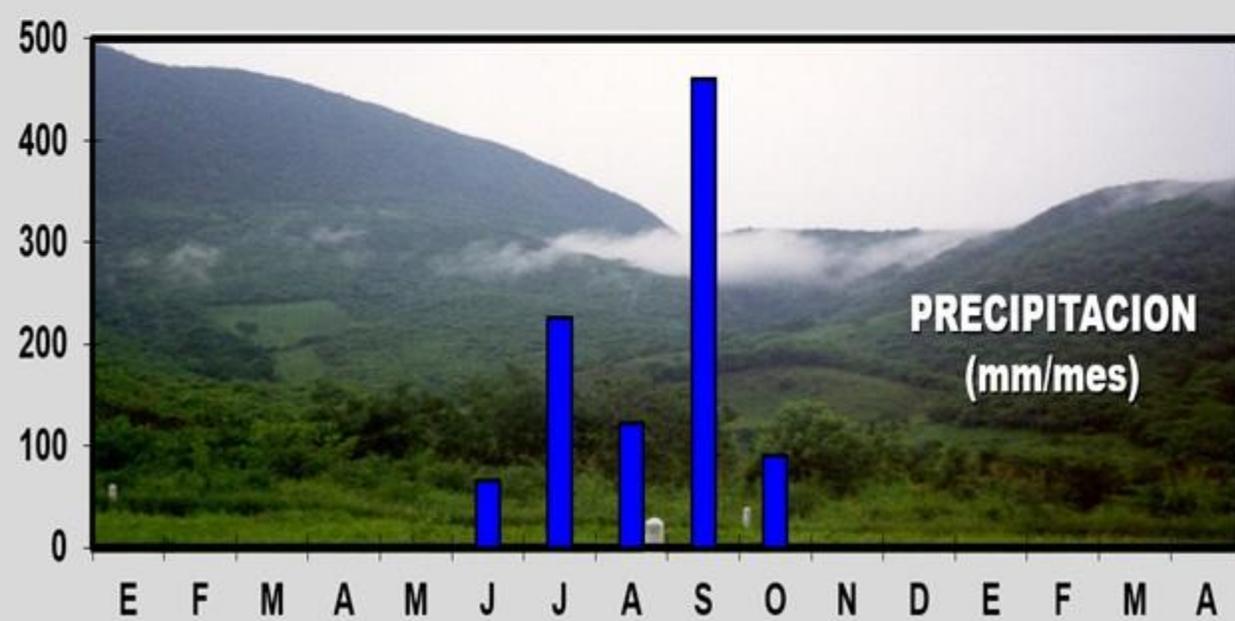
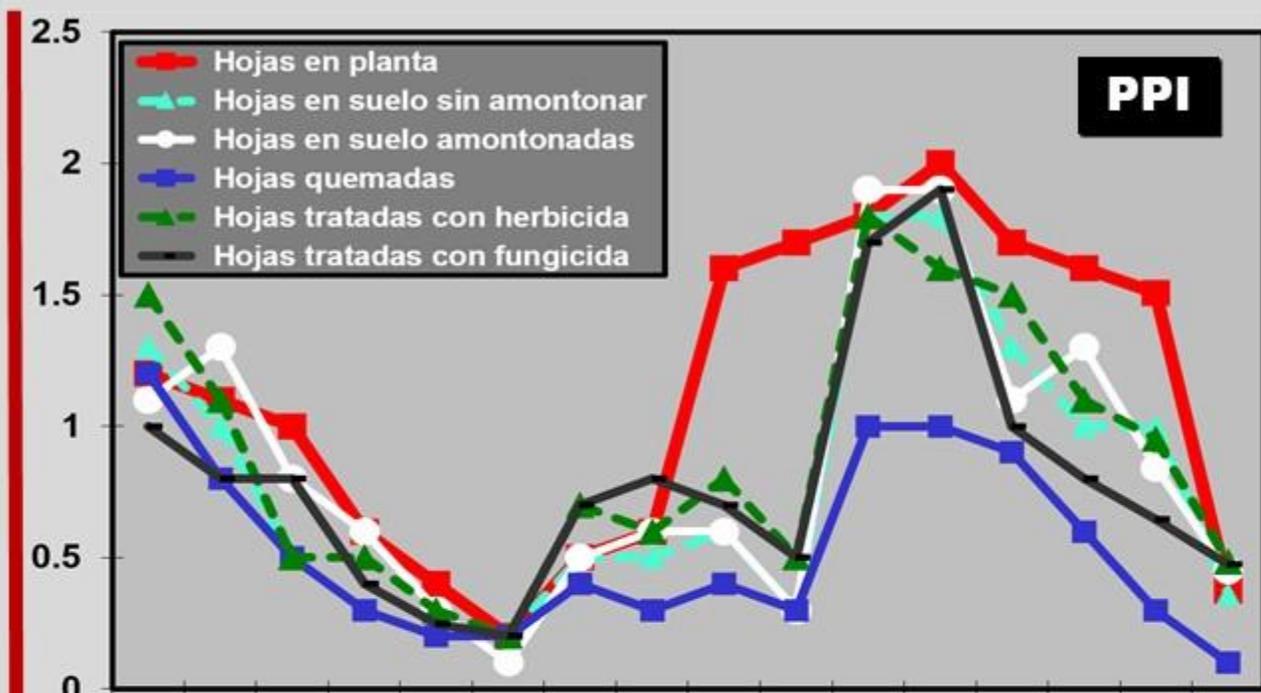
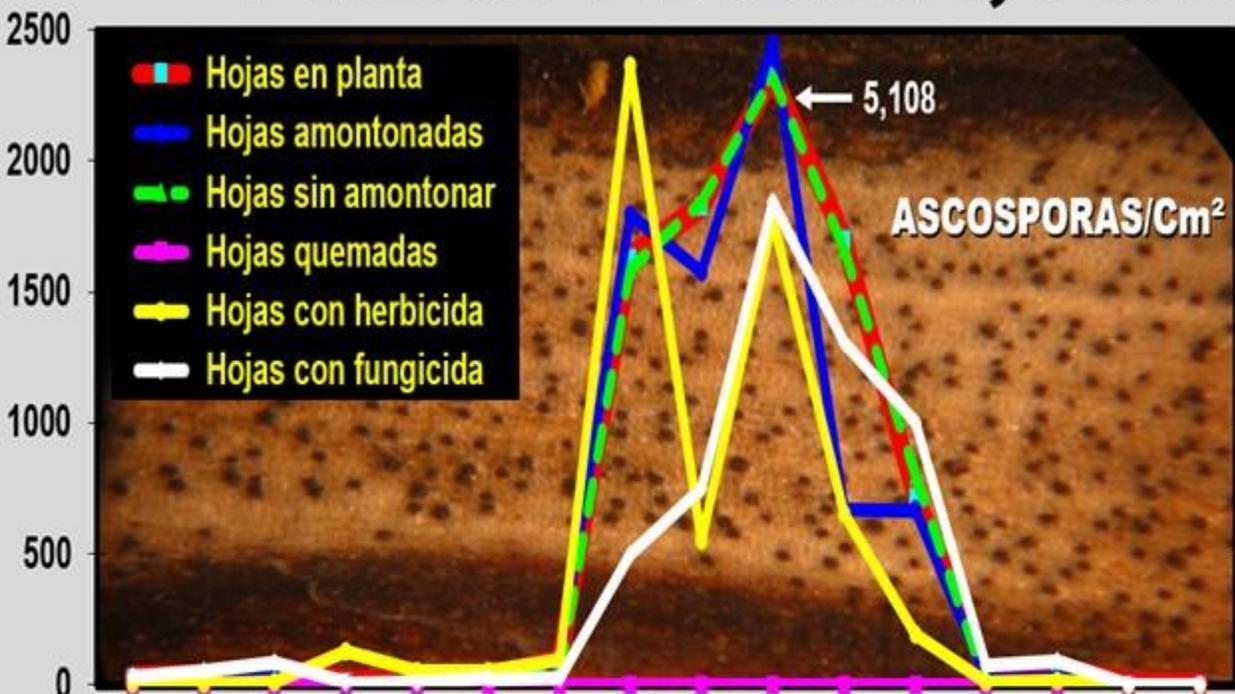


# TRATAMIENTOS A LA HOJARASCA

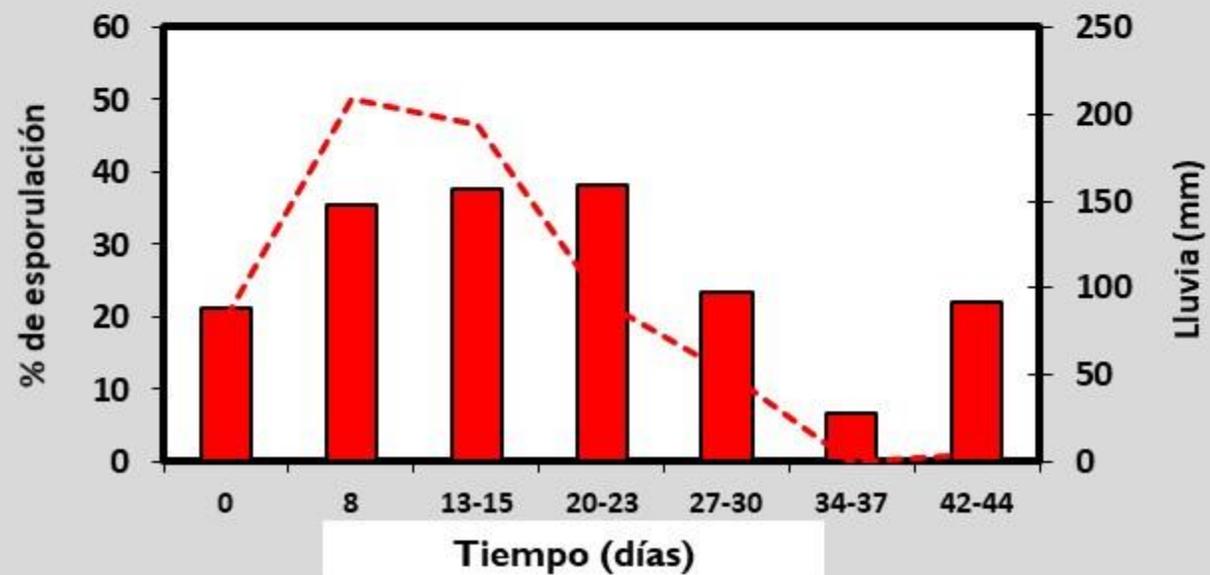


- Urea
- Fungicidas sistémicos
- Fungicidas protectantes
- Glifosato
- Paraquat
- Aceite agrícola
- Iodo
- Ceras
- Melaza

# PRECIPITACIÓN, ASCOSPORAS Y SEVERIDAD



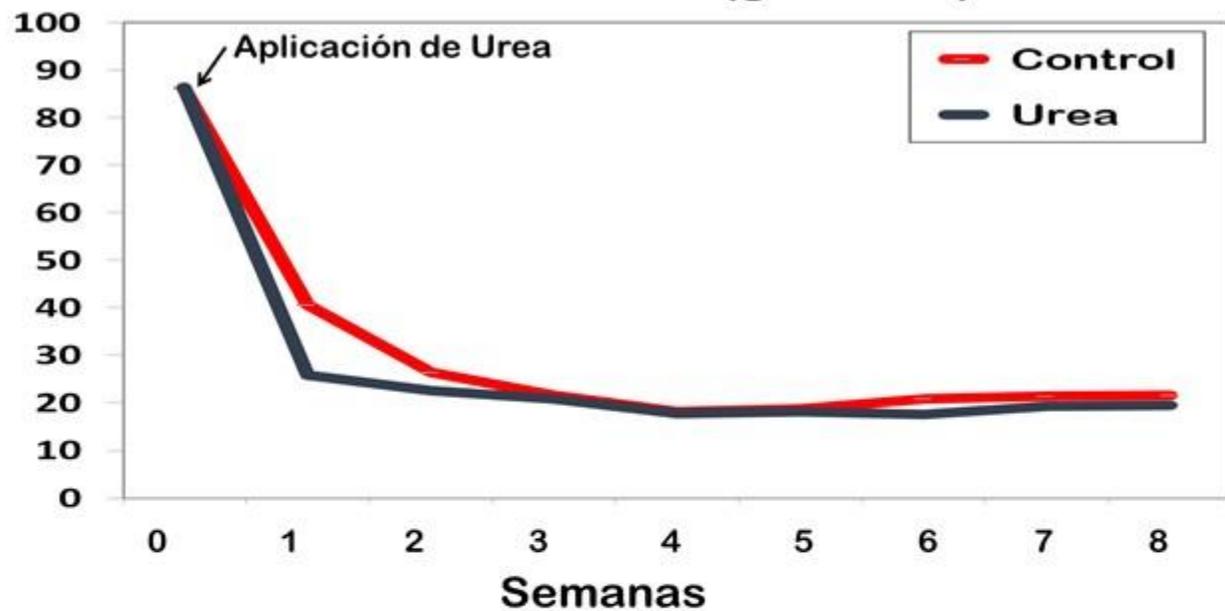
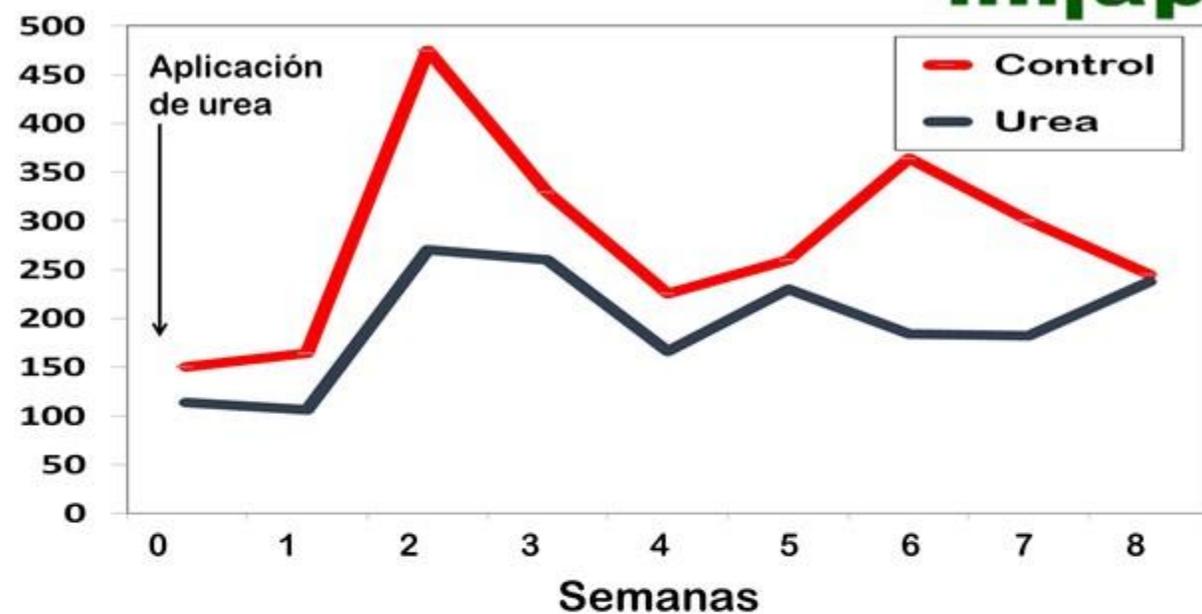
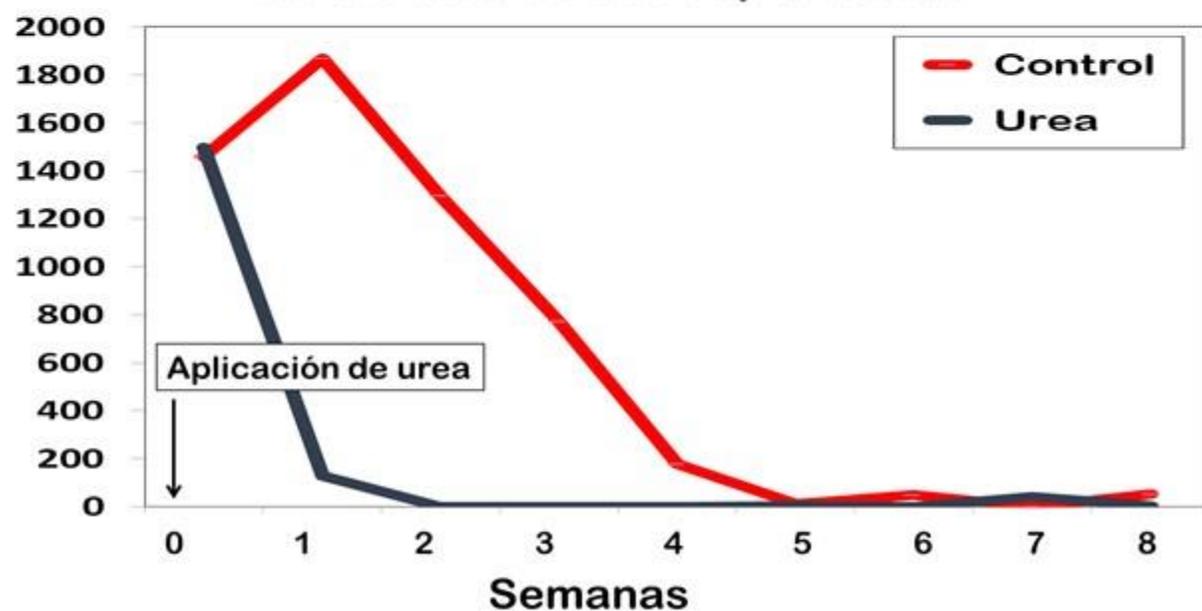
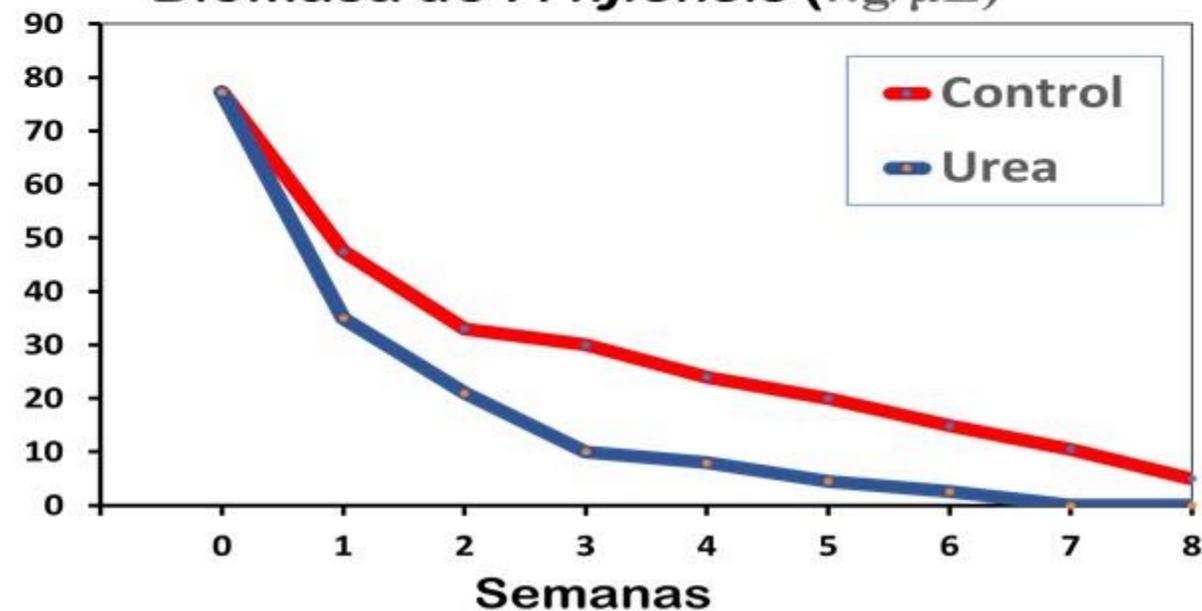
# LA ESPORULACIÓN CONTINÚA EN EL SUELO



Gauhl 1989  
Villalta y Guzmán 2005  
Orozco-Santos et al. 2008

# USO DE UREA (10%) PARA REDUCIR FUENTE DE INOCULO



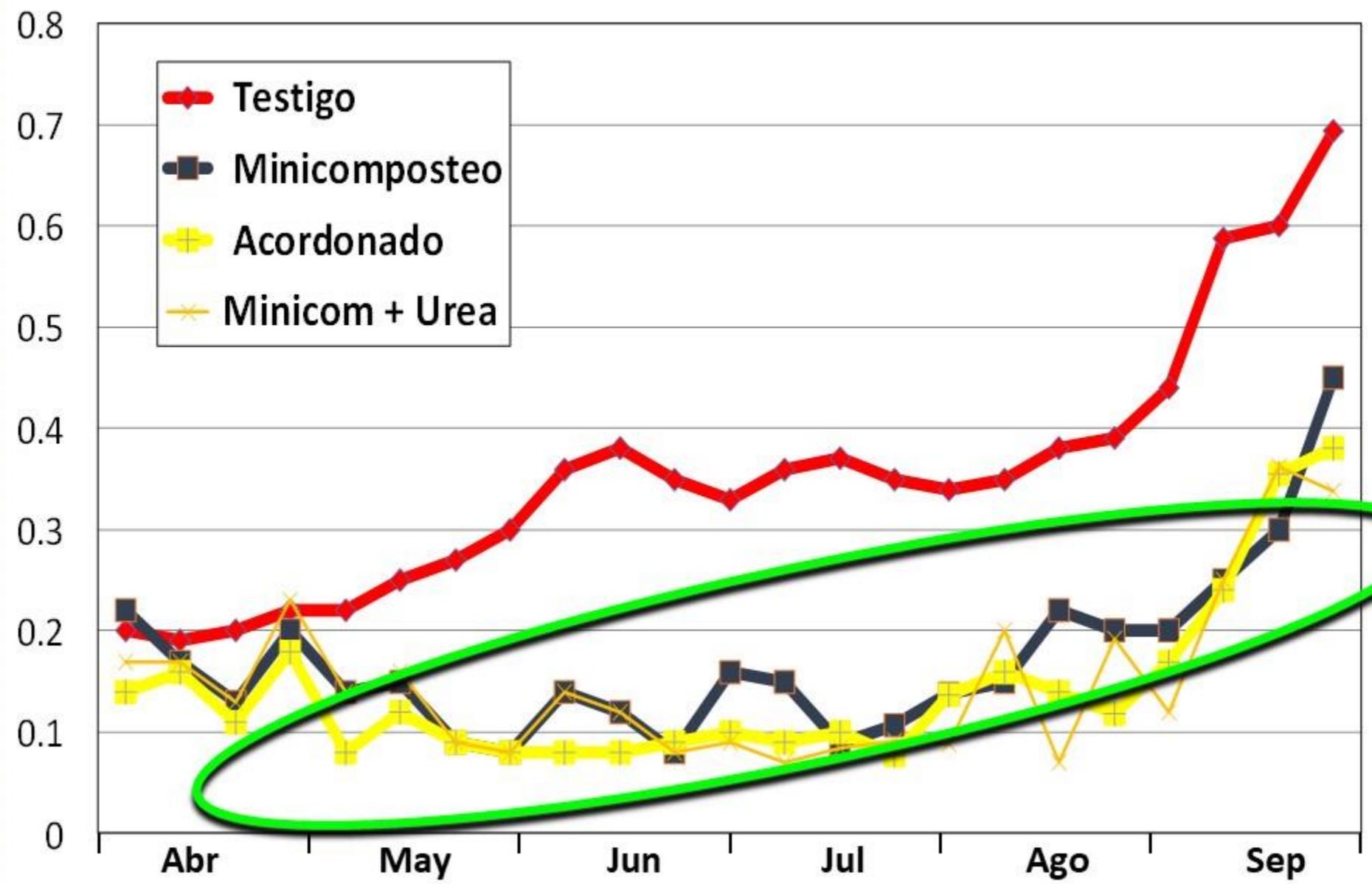
**Biomasa foliar (g/25 cm<sup>2</sup>)****Pseudotecios/lesión****inifap****Liberación de ascosporas/cm<sup>2</sup>****Biomasa de *P. fijiensis* (ng/μL)**



- La urea reduce en casi 40% la biomasa de la hoja en la primera semana.
- Los pseudotecios fueron 43% menos a las dos primeras semanas.
- Con urea, la liberación de ascosporas fue de 0 to 200/cm<sup>2</sup> por lesión. En el testigo fue de 200 a 1,800 ascosporas/cm<sup>2</sup>.
- La biomasa del *P. fijiensis* en la hoja se reduce a un 50%. Siempre fue menor a lo largo de las 8 semanas.



# Promedio ponderado de infección iniçap



# Costa Rica: defoliación controlada o poda temprana de hojas a floración: ¿En qué consiste?



**Antes**



**Después**



**Hojas eliminadas aparentemente sanas**



**Lesiones en desarrollo activo**



**Eliminar en plantas recién florecidas 3-4 hojas más viejas. Dejar mínimo 8 hojas por planta.**

# IRRIGACIÓN

inifap





**Inundación**

09/07/20



**Subfoliar**



**inirap**

**Cañón**



**Pivote central**



**Microaspersión**



**Goteo**

# MÉTODOS DE RIEGO VS SIGATOKA NEGRA

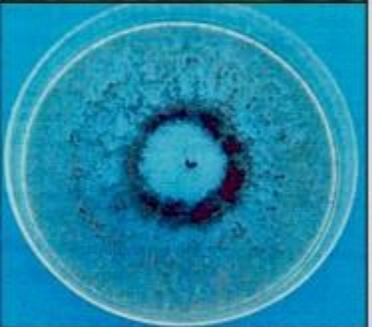
<b>Sistema de riego</b>	<b>Sigatoka negra<sup>z</sup></b>			
	<b>HMJM</b>	<b>PPI</b>	<b>NHFflor</b>	<b>NHFcos</b>
<b>Riego Subfoliar</b> Stell Head	6.2 ab	2.462 a	5.6 e	1.3 e
<b>Riego Subfoliar</b> Dan Mamkad	6.0 a	2.499 a	5.9 c	1.9 c
<b>Riego Subfoliar</b> NAAN	5.7 a	2.800 a	5.9 c	1.0 c
<b>Microaspersión</b> Micro Quick	6.7 b	1.432 a	9.2 b	5.0 b
<b>Goteo</b>	7.3 b	1.114 b	11.1 a	8.0 a
<b>Inundación o rodado</b>	6.0 a	1.500 b	10.5 ab	7.8 a

<sup>z</sup> Datos promedio de cinco muestreos en Septiembre y Octubre

# MANEJO INTEGRADO

inifap

- **Conocimiento del patosistema**
- **Control legal en países o áreas libres**
- **Variedades resistentes**
- **Prácticas de cultivo**
- **Control biológico (Avances)**
- **Material certificado (Garantía de sanidad)**
- **Uso de biotecnología (Procesos)**
- **Control químico/alternativo**



- Fungicidas, mezclas y aceites
- Equipo de aplicación
- Sistemas de muestreo
- Condiciones climáticas óptimas para aplicar

- ✦ **Fungicidas sintéticos**
- ✦ **Aceites agrícolas**
- ✦ **Extractos vegetales**
- ✦ **Agentes de control biológico**
- ✦ **Inductores de resistencia**
- ✦ **Nutrientes**

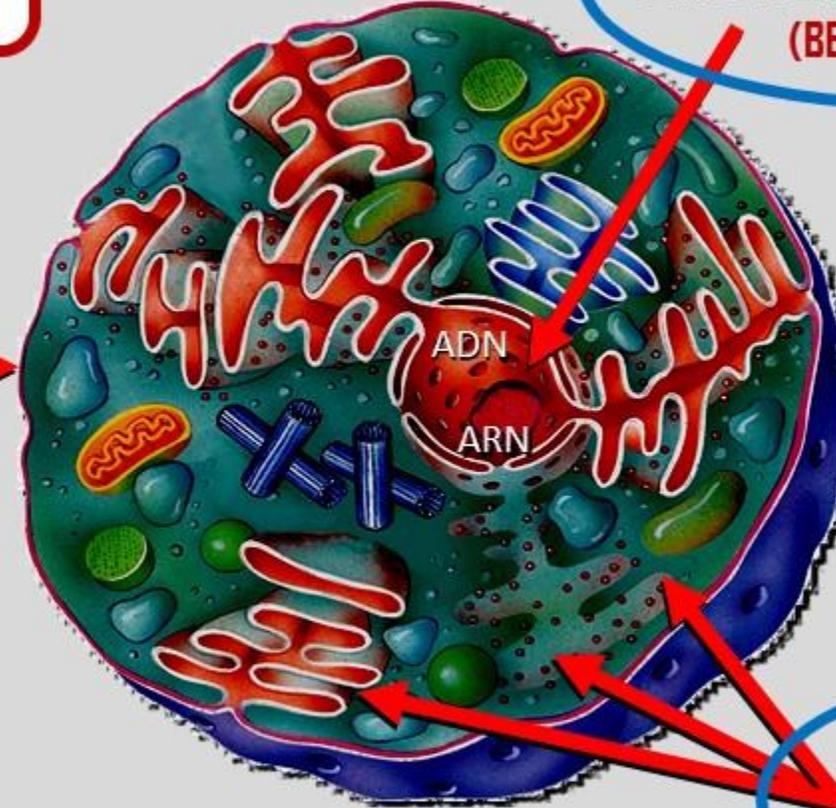


# GRUPOS QUÍMICOS

**Sigatoka negra  
(70-80s)**

**BIOSÍNTESIS  
DE ESTEROL  
EN MEMBRANAS**  
(DMI's Y AMINAS)

**CITOESQUELETO Y  
PROTEÍNAS MOTORAS**  
(BENZIMIDAZOLES)



**ACTIVIDAD DE  
MULTISITIO**  
(PROTECTANTES)

**CÉLULA FUNGAL**



## Sigatoka negra (2020s)



**INIHIIBIDORES DE LA RESPIRACIÓN**  
(Qil, Qol y SDHI)

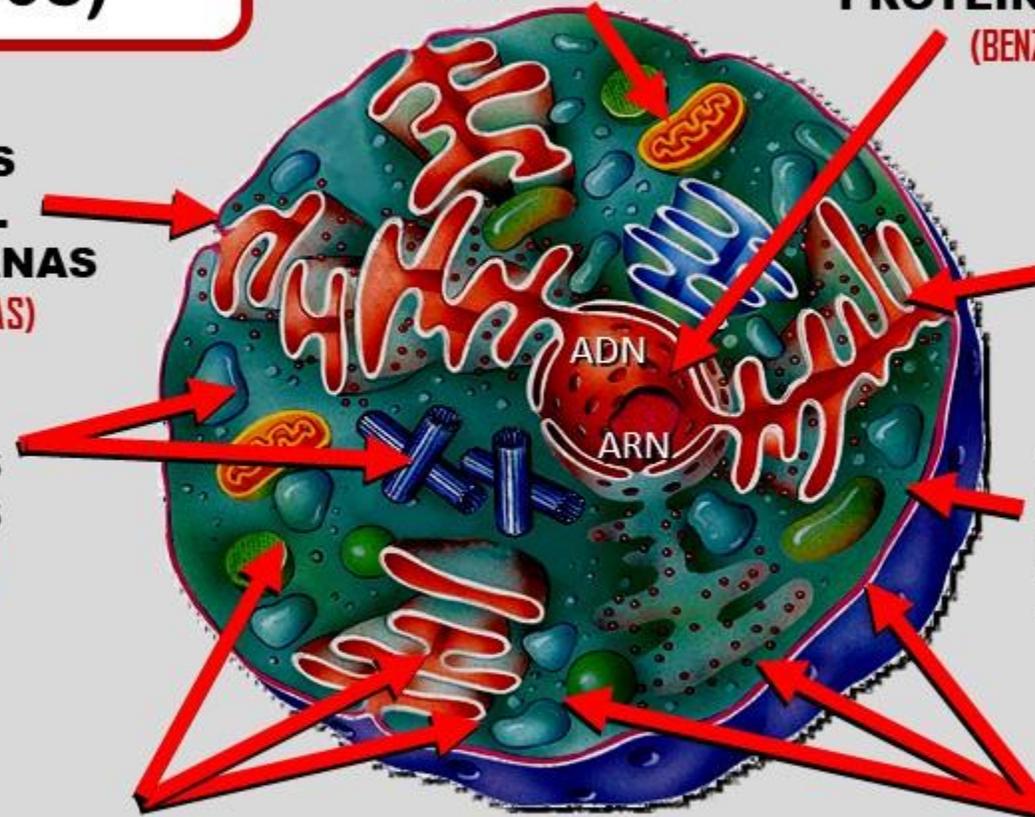
**CITOESQUELETO Y PROTEÍNAS MOTORAS**  
(BENZIMIDAZOLES)

**BIOSÍNTESIS DE ESTEROL EN MEMBRANAS**  
(DMI's Y AMINAS)

**SÍNTESIS DE AMINOÁCIDOS Y PROTEÍNAS**  
(ANILINOPIRIMIDINAS)

**MODO DE ACCIÓN DESCONOCIDA**  
(GUANIDINAS)

**INDUCCIÓN DE DEFENSAS EN LA PLANTA HOSPEDERA**



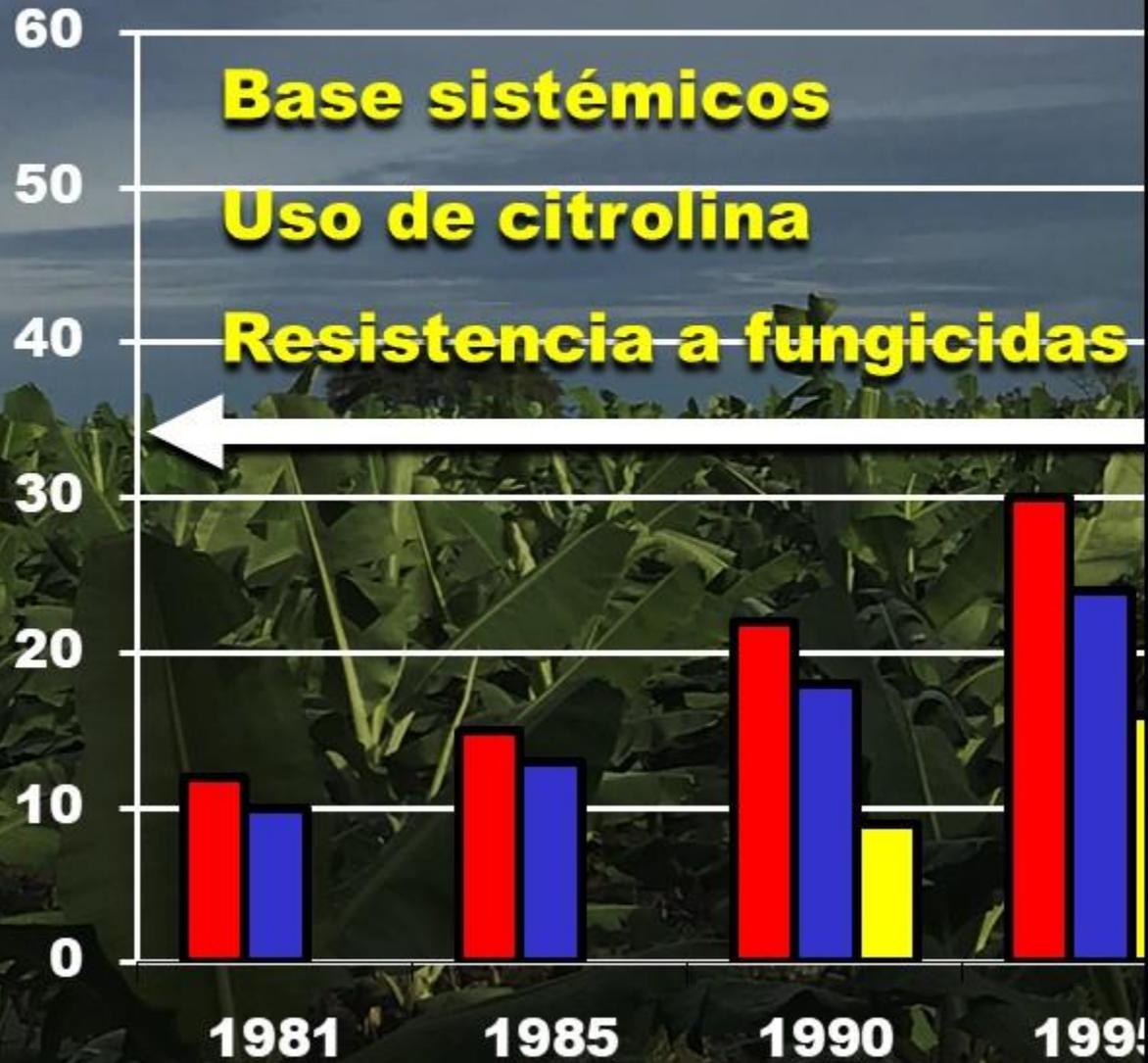
**BIOLÓGICOS CON MÚLTIPLES MODOS DE ACCIÓN**

**ACTIVIDAD DE MULTISITIO**  
(PROTECTANTES)

**CÉLULA FUNGAL**

# Aplicaciones contra sig

■ Golfo de México ■ Pac

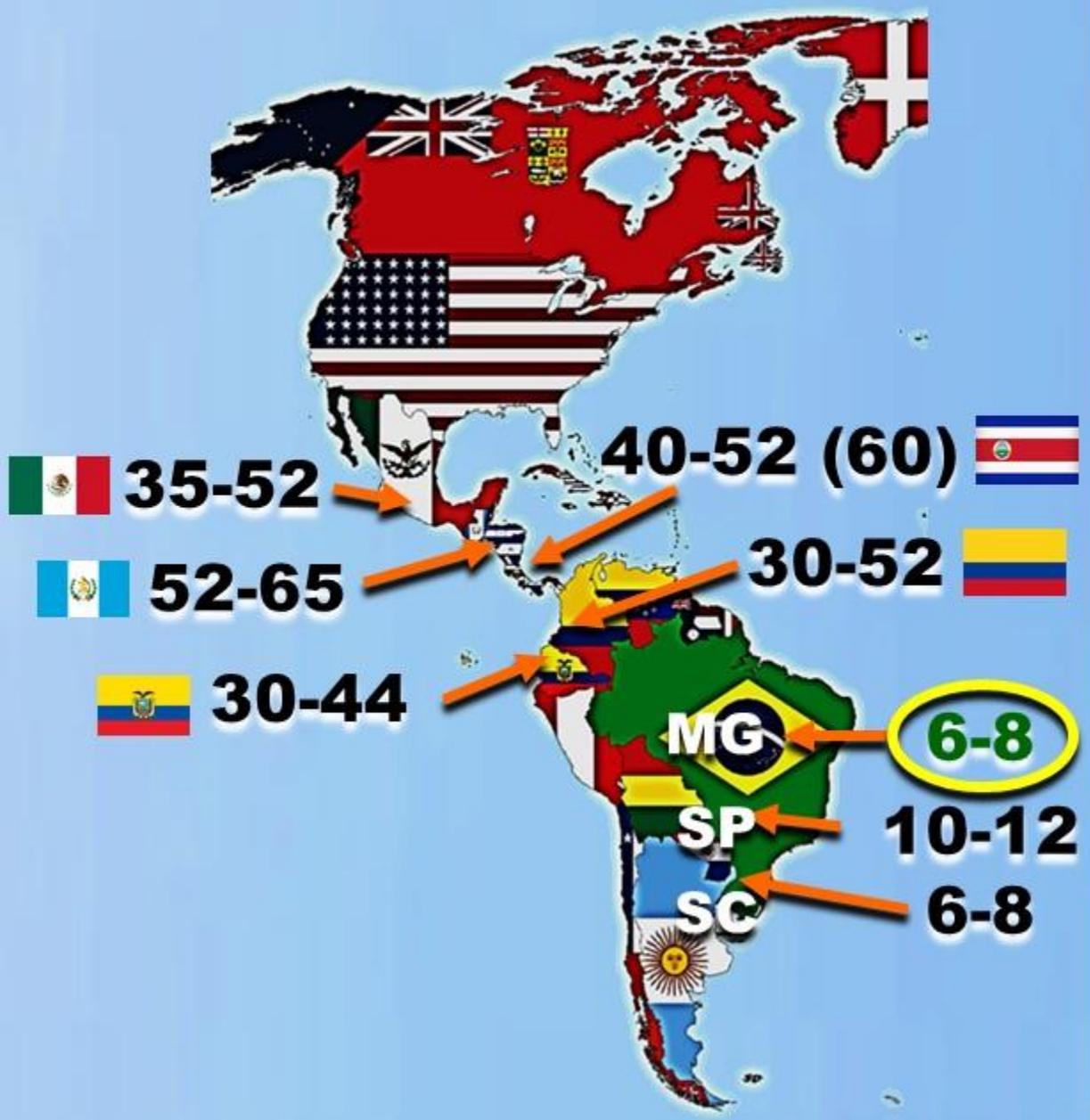


FINCA CARMELITAS. CHIAPAS, MÉXICO. 1996



2023

# APLICACIONES/AÑO



REGIÓN	APLICACIONES
Trópico seco	30-38
Trópico húmedo	45-52 (60)
Subtropico	6-12
Sigatoka amarilla	6-8

# REGIÓN

# APLICACIONES

Trópico seco

30-38

**INFLUENCIA DEL CLIMA EN  
LA SEVERIDAD DE SIGATOKA  
NEGRA (APLICACIONES/AÑO)**

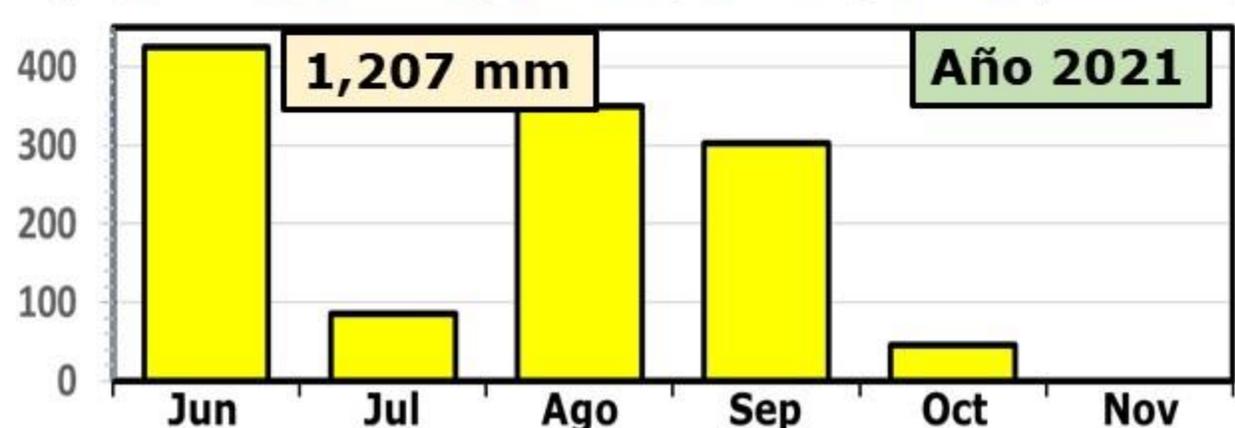
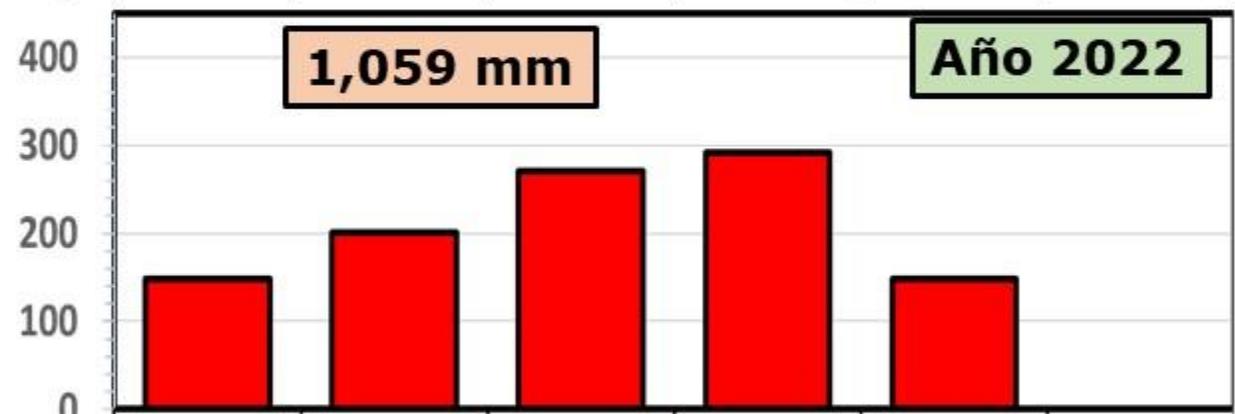
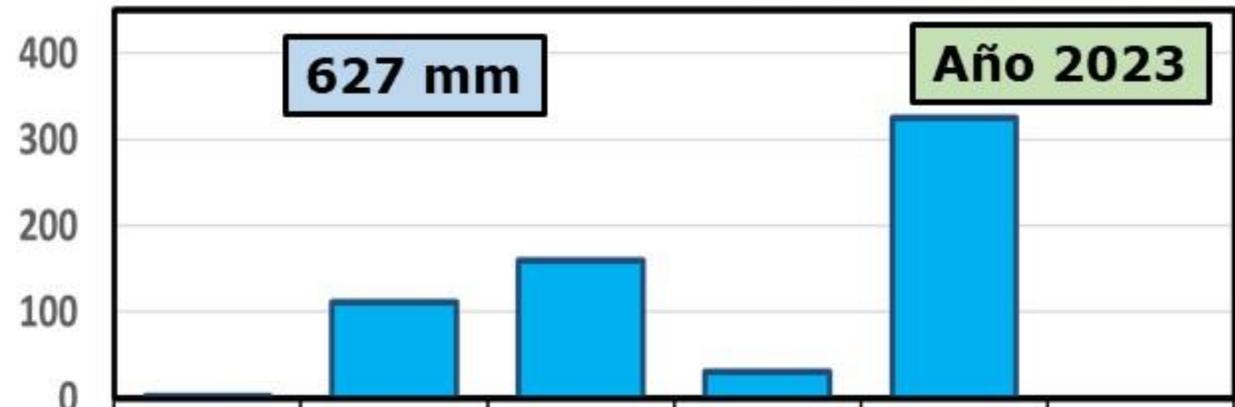


**PRECIPITACIÓN**

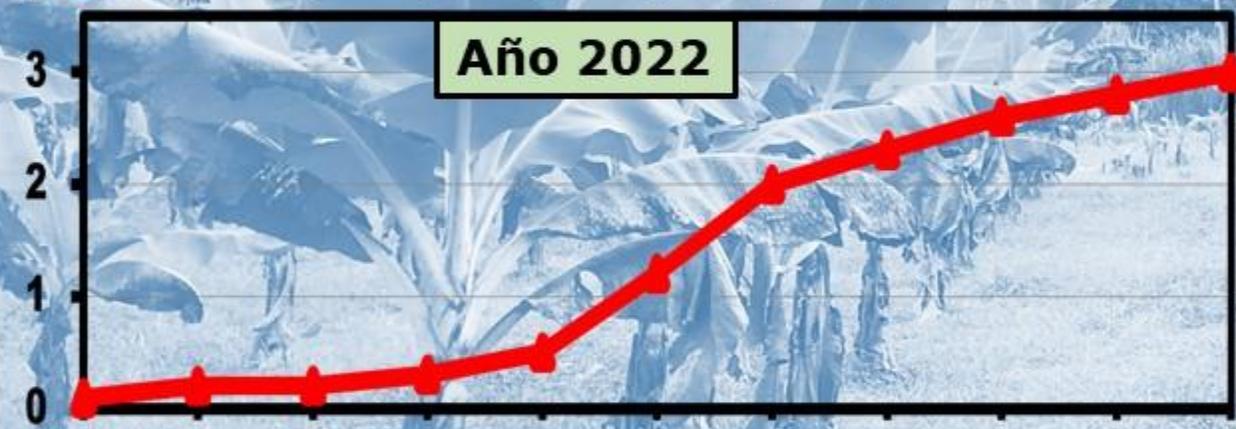
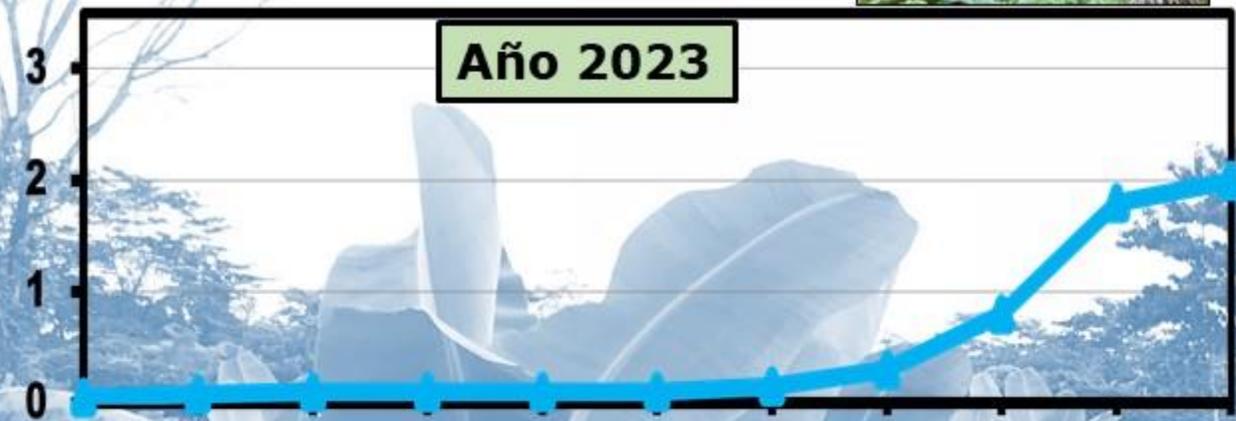


**SIGATOKA NEGRA**

# PRECIPITACIÓN



# SEVERIDAD



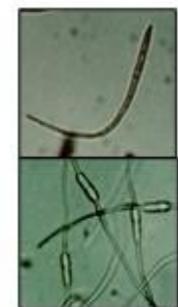
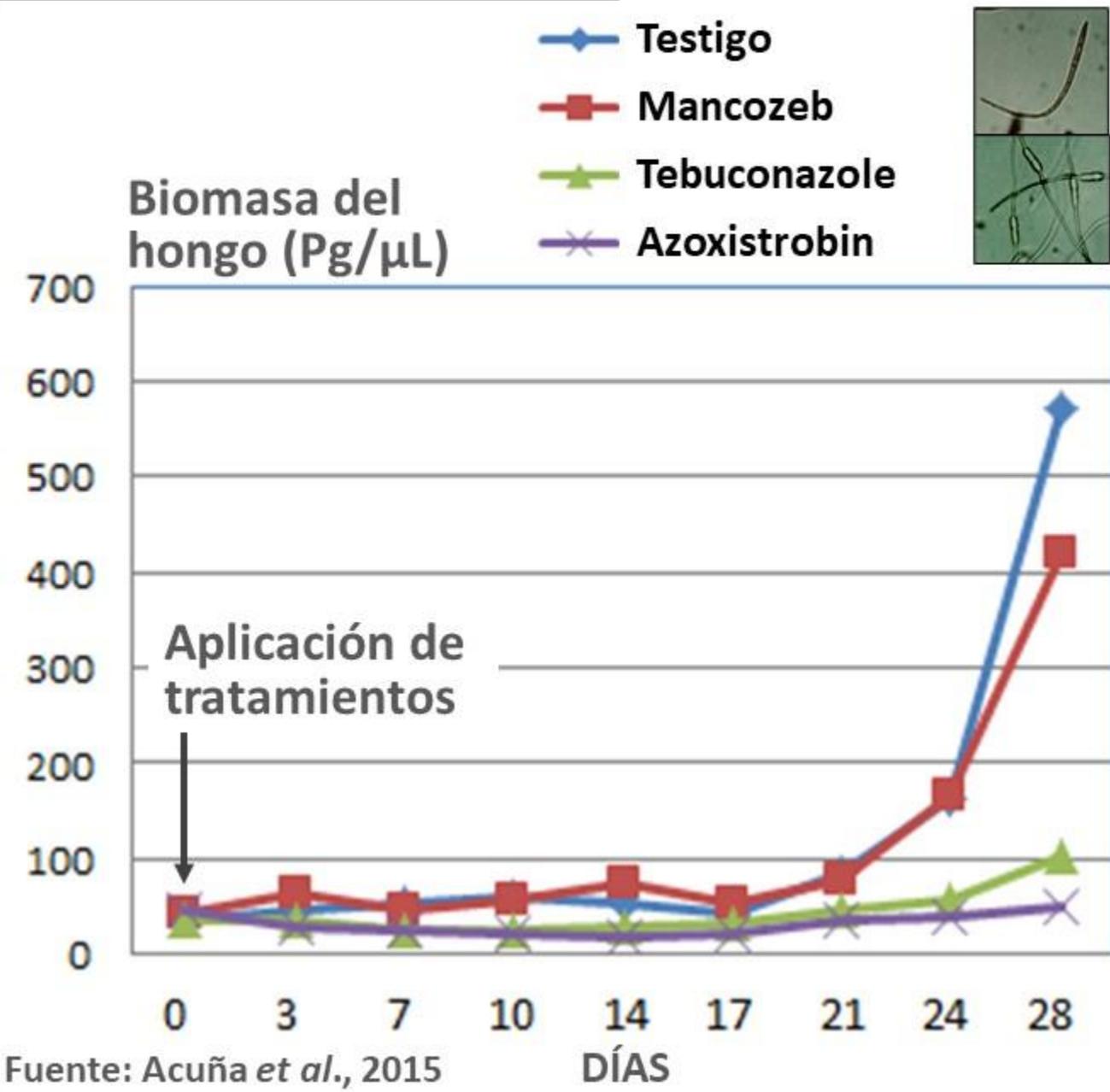
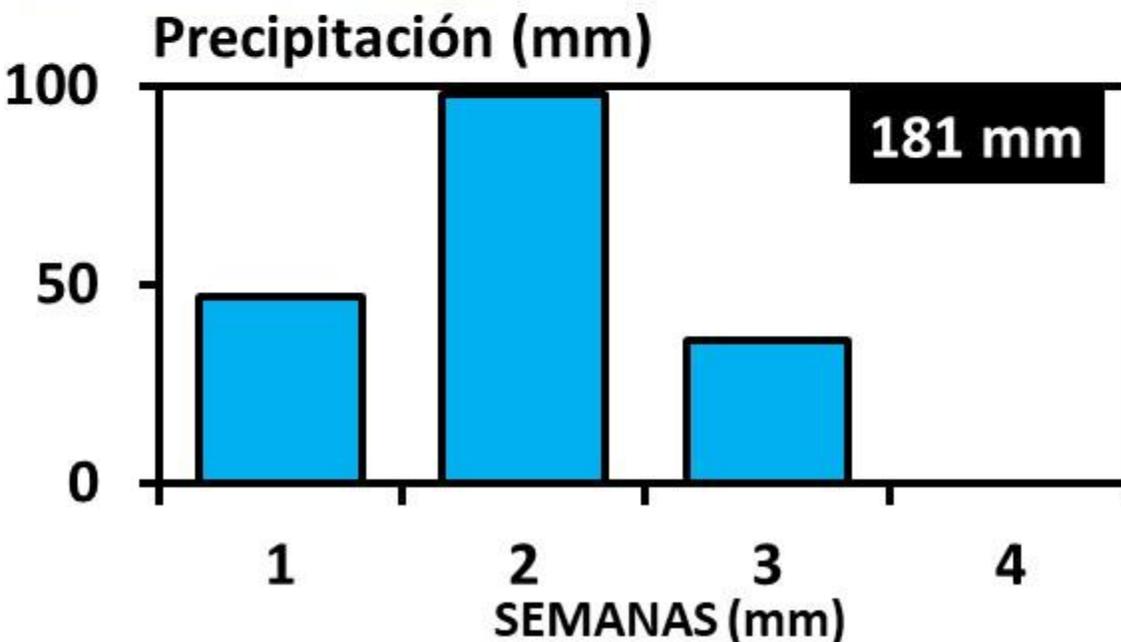
# FUNGICIDAS Y CONCENTRACIÓN DE INOCULO DE *P. fijiensis*



Hoja 1

- Inicio 1º de Julio
- 1 aplicación de tratamientos
- Muestreo foliar c/3-4 DDA
- Muestras de 1 cm<sup>2</sup>
- Extracción de DNA *P. fijiensis*
- Amplificación del DNA por PCR punto final.
- Biomasa del hongo
- Datos de precipitación

Testigo  
Mancozeb  
Tebuconazole  
Azoxistrobin



# Mancozeb



ÉPOCA SECA

LLUVIA

ROCÍO

## APLICACIONES MANCOZEB

**MANCOZEB**, es la molécula central en el programa actual de fungicidas en la mayoría de los países productores de banano. Ha sido señalado como un disruptor endocrino que afecta la reproducción, lo que resultó en una prohibición por la Comunidad Económica Europea a partir de 2021.

## **VENTAJAS**

- **Efectividad aceptable**
- **Compatibilidad con otros**
- **Protector de sistémicos**  
por su actividad multisitio
- **Manejo de resistencia**
- **Bajo riesgo de resistencia**
- **Sin límite de aplicaciones**
- **Base del control de SN**

## **DESVENTAJAS**

- **Preocupación actual**
- **Efectos negativos en salud humana**
- **Impactos en vida acuática**
- **Impacto ambiental**
- **Persistencia en el suelo**
- **Afecta la vida microbiana**
- **Descomposición de MO**

# ALTERNATIVAS AL MANCOZEB

- **Biológicos**
- **Extractos vegetales**
- **Aceites**
- **Inductores de resistencia**
- **Bioestimulantes**
- **Cobres**
- **Azufres**
- **Silicio**
- **Fungicidas actuales**



**SISTEMAS DE MONITOREO**

# REFLEXIÓN

- **50 Años con sigatoka negra**
- **Mayoría de variedades susceptibles**
- **Producción poco sustentable**
- **Costo económico y ambiental**
- **Necesidades de Investigación**
- **Mejoramiento genético**
- **MAS FÁCIL CAMBIAR PALADARES**

**Gilberto Manzo Sánchez**

**Universidad de Colima, México**

**José Orozco Romero**

**Consultor México**

**Mauricio Guzmán**

**Cropland Biosciences, Costa Rica**

**Rafael Segura**

**CORBANA, Costa Rica**

**Wilson da Silva Moraes**

**SFAP, Brasil**

**Lucas Trevisan**

**ASBANCO, Brasil**

**Sebastian Zapata Henao**

**CENIBANANO, Colombia**

**Rodrigo Mendes Oliveira**

**Consultor, Brasil**

**Ricardo Muñoz Valverde**

**Consultor, Ecuador**

**Marie de León**

**APIB, Guatemala**

**Luciano Martínez Bolaños**

**Universidad Autónoma Chapingo, México**



**GRACIAS, OBRIGADO, THANK YOU, MERCI**