



CONGRESO LIMONERO





CONGRESO
LIMONERO



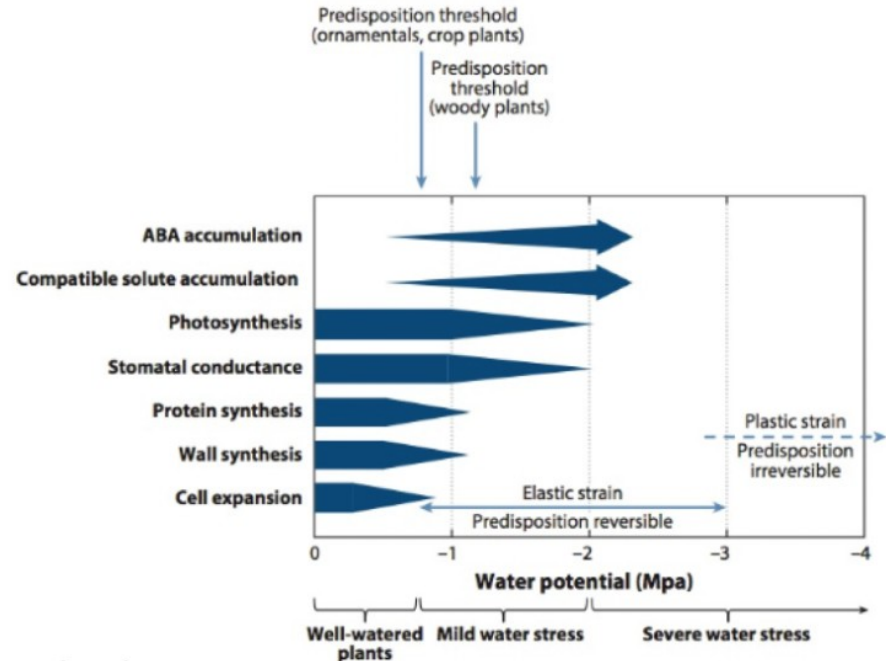
Manejo de enfermedades con inductores de resistencia

Ing. Salvador Ochoa Asencio

Agroscience Biochemical

Predisposición de las plantas con relación al potencial hídrico

- *Fusarium oxysporum*
- *Phytophthora* sp.
- *Rhizoctonia* sp.
- Etcétera



Hemibiotróficos afectados por el estrés de la planta

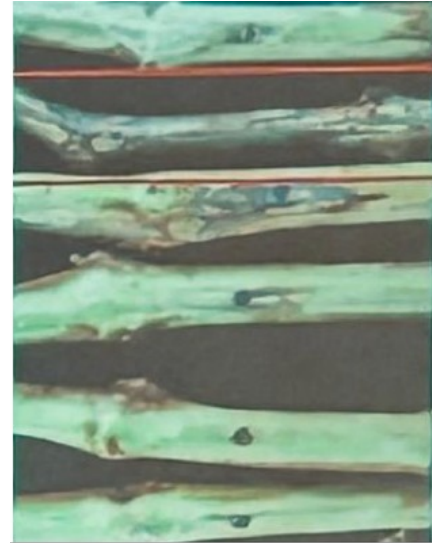


40°C
↓
30°C

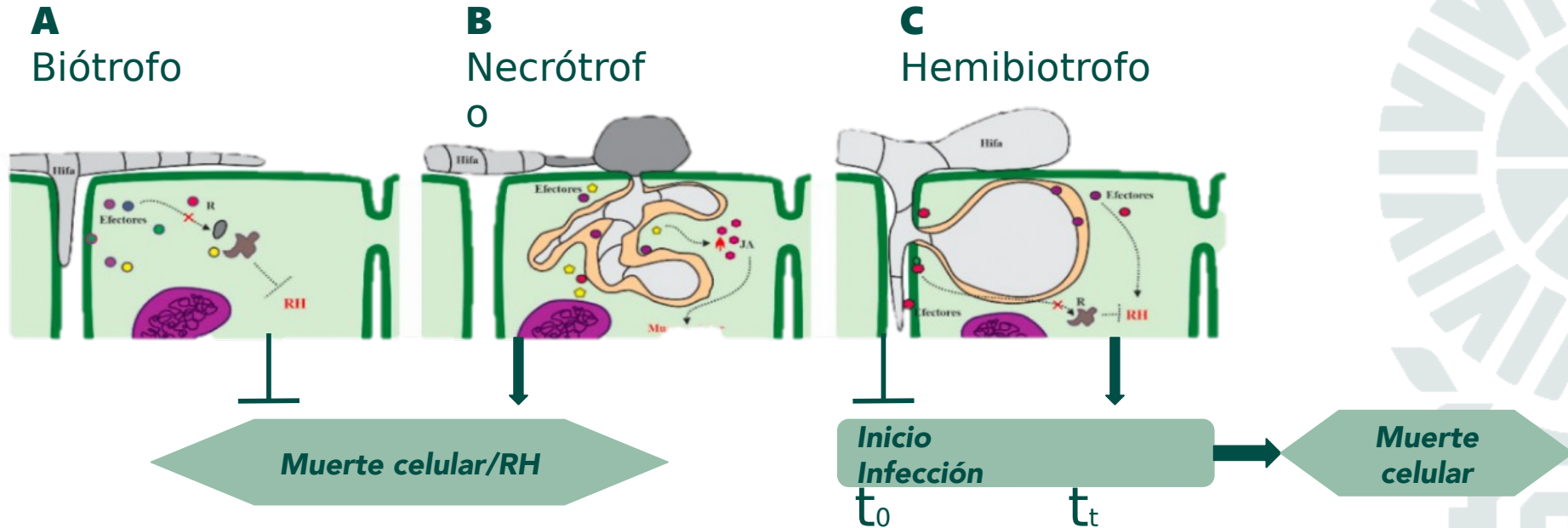


40°C
35°C
30°C
25°C
20°C
15°C

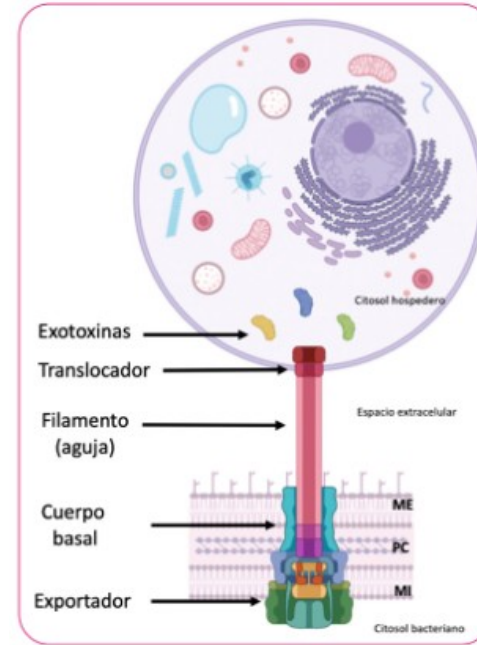
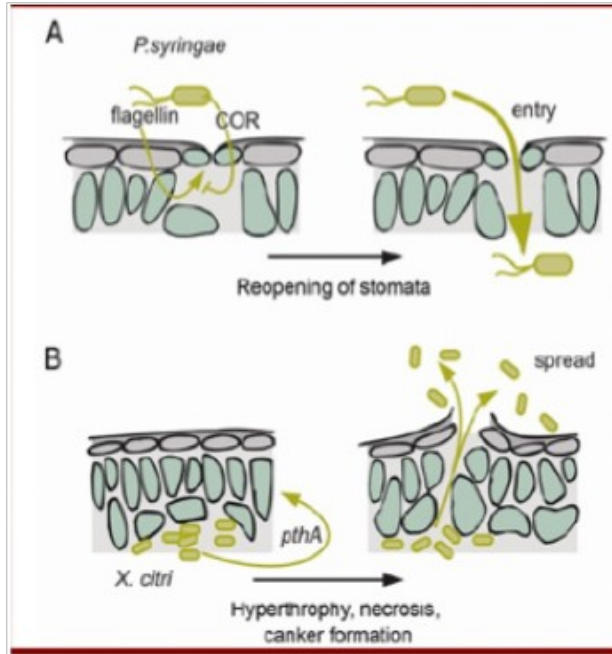
L. Theobromae



Mecanismos de infección



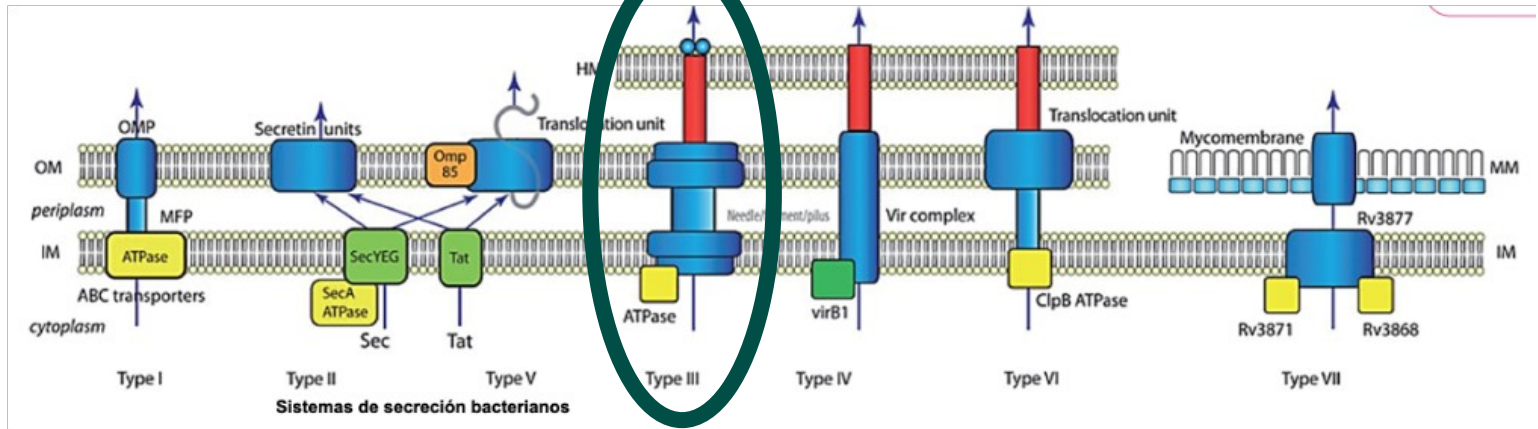
Infeción de plantas por bacterias



Los efectores alteran el comportamiento de las planta

Infección de plantas por bacterias

Los efectores alteran el comportamiento de las
planta



*¿Cómo se defienden
las plantas?*





Mecanismos de defensa

CONSTITUTIVOS

Preformados antes del
ataque por un patógenos

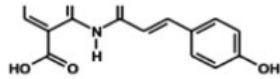
INDUCIDOS

En respuesta al ataque
por un patógeno

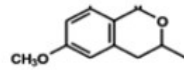
ESTRUCTURALES Y QUÍMICOS

Defensas bioquímicas inducidas

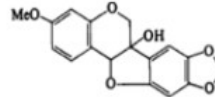
1. Fitoalexinas



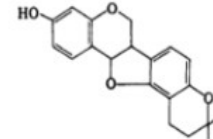
Avenanthramide A



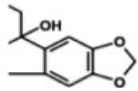
6-methoxymellein



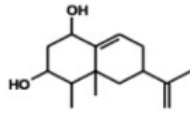
pisatin
(*Pisum sativum*, Leguminosae)



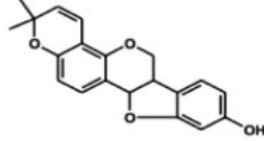
phaseollin
(*Phaseolus vulgaris*, Leguminosae)



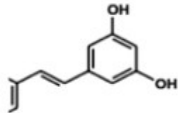
sativins



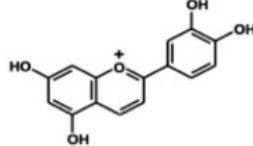
Capsidiol



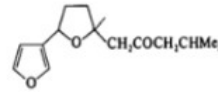
Glyceollin I



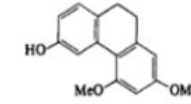
esveratrol



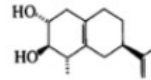
Luteolindin



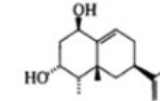
ipomeamarone
(*Ipomoea batatas*, Convolvulaceae)



orchinol
(*Orchis militaris*, Orchidaceae)



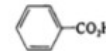
rishitin
(*Solanum tuberosum*, Solanaceae)



capsidiol
(*Capsicum frutescens*, Solanaceae)



safynol
(*Carthamus tinctoria*, Compositae)



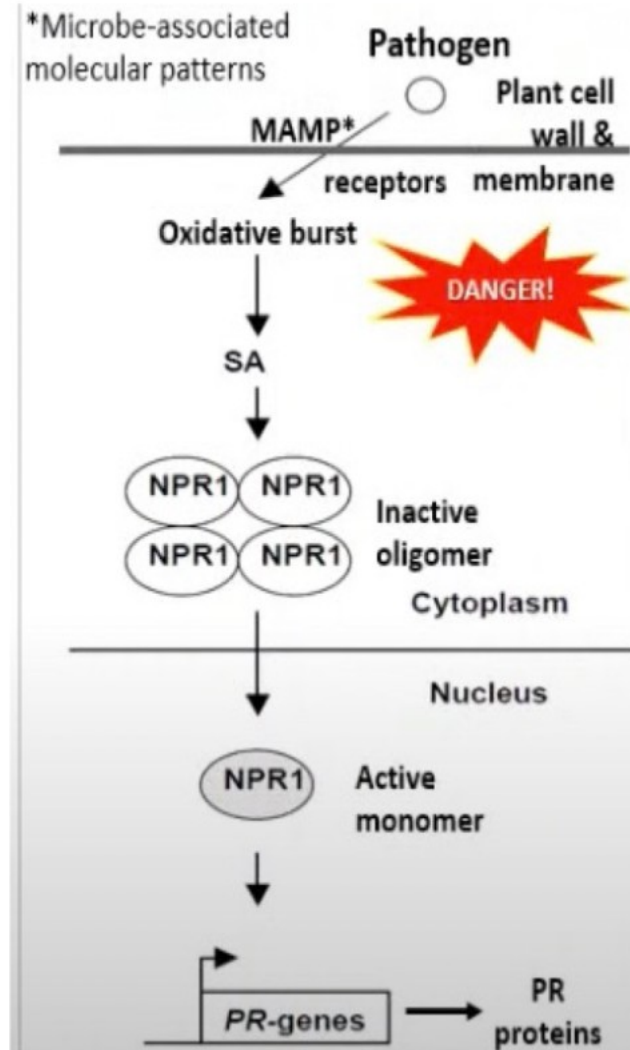
benzoic acid
(*Malus pumila*, Rosaceae)

**Compuestos
antimicrobiales**

**Fitoalexinas derivadas del
aminoácido fenilalanina**

Proteínas relacionadas con la patogénesis

- Codificadas por genes de la planta huésped en situaciones de infección o relacionadas.
- Algunas son antimicrobiales, otras funcionan como señales de infección a células vecinas.



Proteínas relacionadas con la patogénesis

- Codificadas por genes de la planta huésped en situaciones de infección o relacionadas.
- Algunas son antimicrobiales, otras funcionan como señales de infección a células vecinas.

Familia	Tipo	Propiedades
1	PR-1	anti-oomycete
2	β -1,3-glucanase	endogluconase
3	Chitinase	endochitinase
4	Chitinase	endochitinase
5	Thaumatin-like	fungal membrane disruption
6	Proteinase-inhibitor	inhibits pathogen proteinases
7	Endoproteinase	inhibits pathogen proteinases
8	Chitinase	endochitinase
9	Peroxidase	lignification
10	Ribonuclease-like	digests RNA
11	Chitinase	endochitinase
12	Defensin	plasma membrane disruption
13	Thionin	plasma membrane disruption
14	Lipid Transfer Protein	plasma membrane disruption

A) Defense responses in roots

- ROS production
- Callose deposition
- Expression of defense genes
- Cell wall modification

Synergic effect
between SA and JA
pathway?

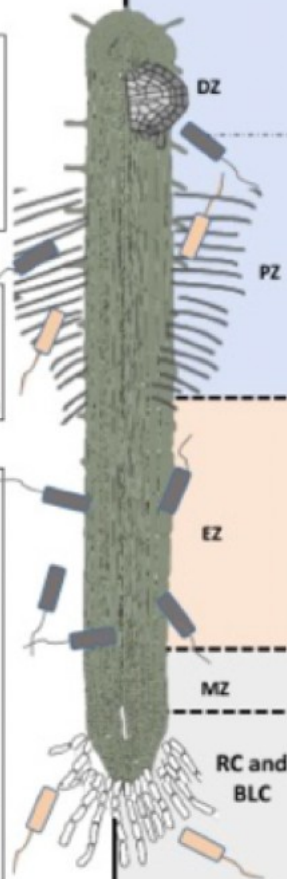
Attard *et al* 2010

Putative markers in
leaves less relevant
in roots

PR-1 less
expressed

PDF1.2 } Not
ACCO } significantly
expressed

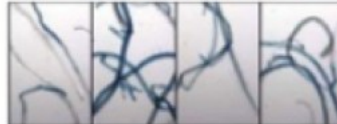
Badri *et al* 2008 ; Attard
et al 2010; Lyons *et al*
2015



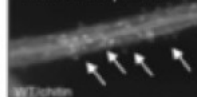
B) Tissue-specific responses in roots

Chitin response is restricted
to mature zones

CYP71A12 MYB51 WRKY11 ATSG25260



callose deposition



Millet *et al* 2010

Enhanced Defense genes
expression

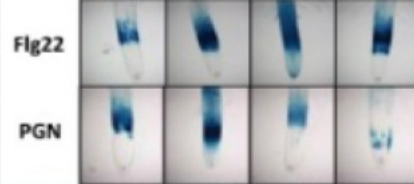
WRKY11, ACS6, HEL, ZAT12, PERS
and also in EZ

Poncini *et al* 2017

Different receptors
localization ?

Flg22 and PGN responses are restricted to EZ

CYP71A12 MYB51 WRKY11 ATSG25260



callose
deposition



WRKY11

WRKY11

Millet *et al* 2010

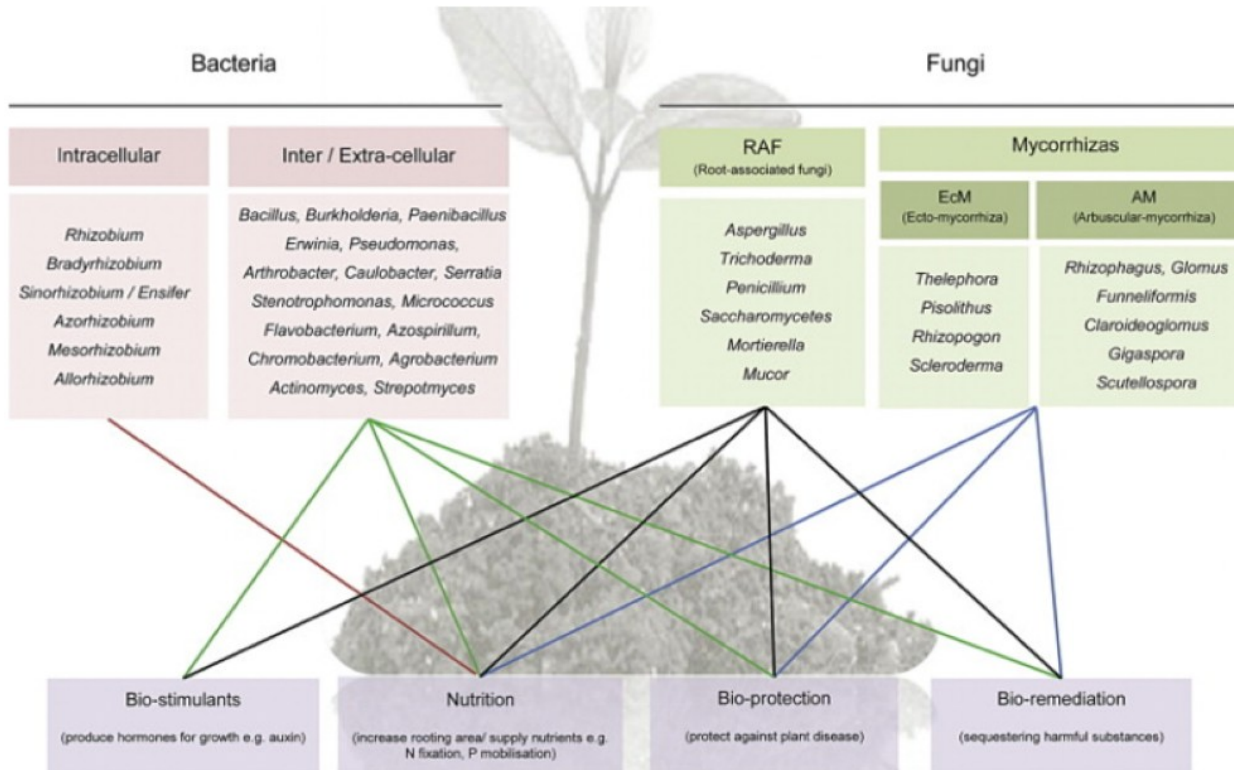
Expression of genes
restricted to the
peripheral RC cells

Poncini *et al* 2017



Effect of stress on BLC number increasing ? Root Extracellular trap ?

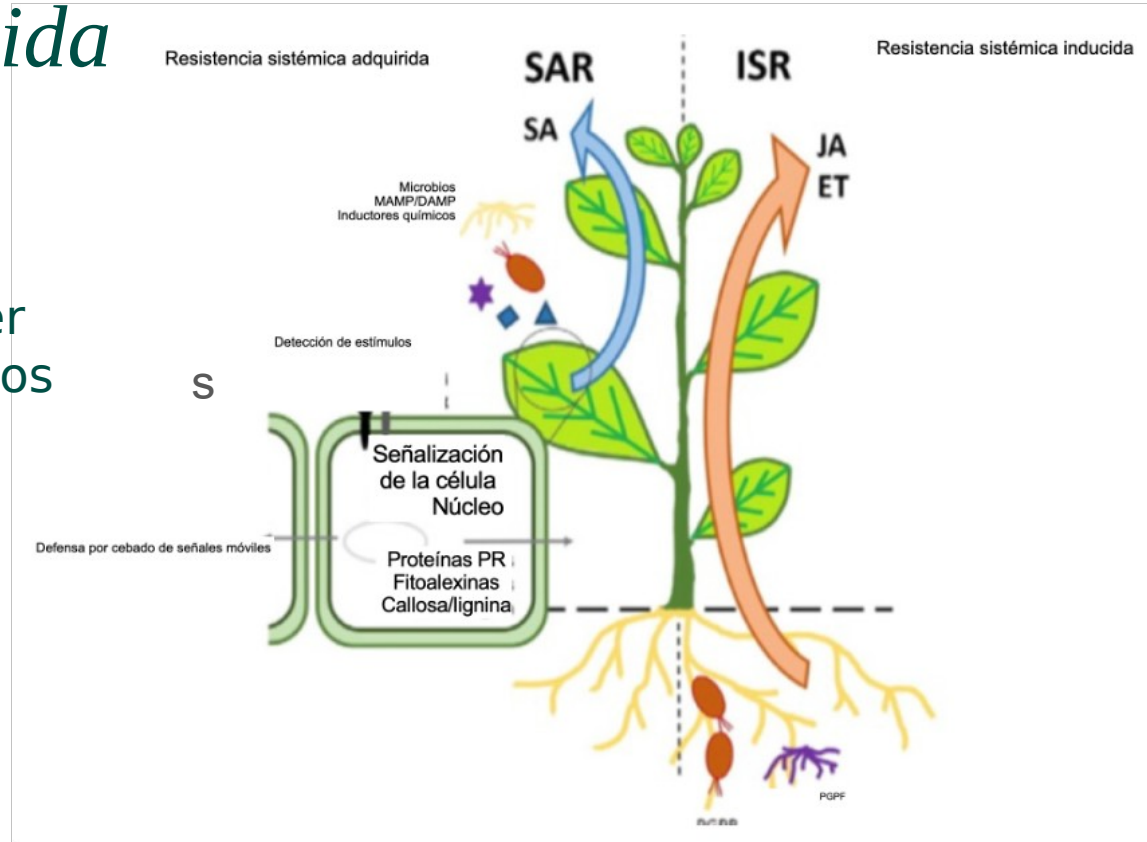
Microorganismos promotores del crecimiento de las plantas (PGPM)



Owen et al., 2015 App. Soil Ecol.

Resistencia inducida

- Es necesario conocer el estilo de vida de los patógenos.
- Efectivo contra un rango amplio de patógenos.



Inductores (elicitores) microbiales

- Elicitores bacteriales: la planta reconoce estructuras conservadas de compuestos (MAMP; varios péptidos, flagelina), efectores del sistema de secreción tipo III.
- Elicitores fúngicos: quitina y quitosano (derivado de acetilado de la quitina)

QUITOSANO:

Actividad antimicrobial

No específico, amplio rango de acción

Beneficios a la microflora

Inducción de resistencia

Ejemplos: *Phytophthora cactorum*;

Fusarium oxysporum (tomate; semilla);

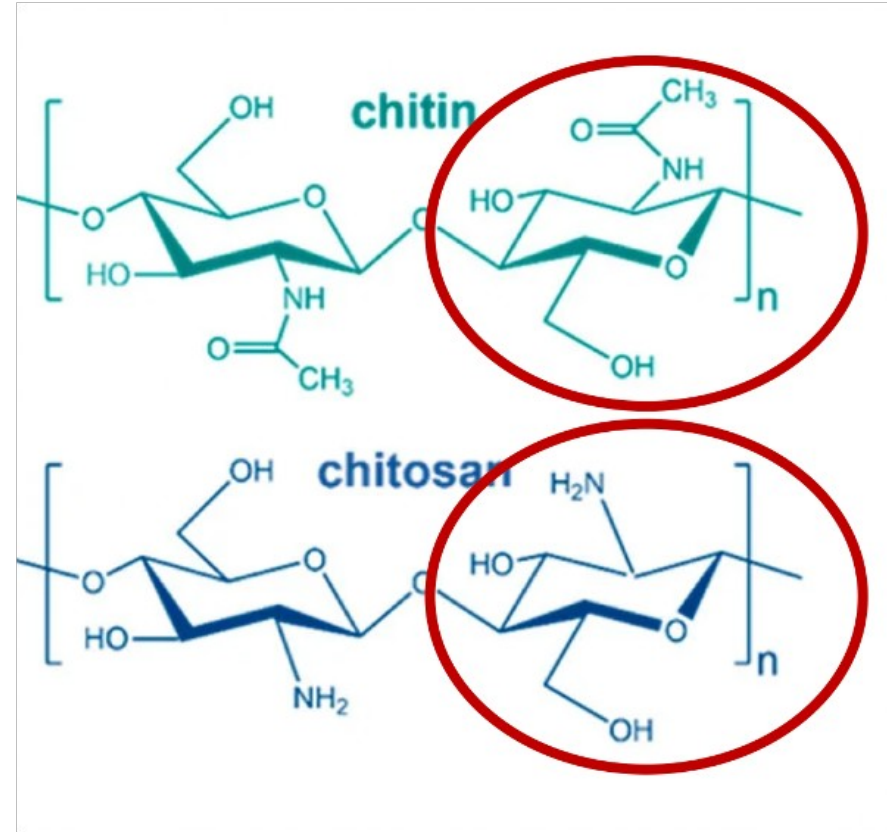


Table 1. Examples of chemical/biological elicitors in crops.

Crop	Stressor	Elicitor	Elicitor Type	Concentration	Mode of Application	Triggered Response
Tomato	<i>Ralstonia solanacearum</i>	SA	Phytohormone	1 μM	Soaked seeds	Increased the activities of peroxidase and polyphenol oxidase enzymes
Tomato	<i>Leveillula taurica</i>	COS + OGA	Fragments of cell wall + fungal cell wall	50 ppm	Foliar spray	Upregulation of PR proteins and salicylic acid (SA)-related genes
Rice	<i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>Oryzae</i>	Methyl salicylate	Phytohormone	75 and 100 mg L ⁻¹	Soaked seeds	Promoted early growth and provided better protection against diseases
Wheat	<i>Fusarium oxysporum</i> .	Saponin isolated from <i>Agapanthus africanus</i>	Phytochemical	125 $\mu\text{g mL}^{-1}$	Foliar spray	Stimulation of peroxidase enzyme activity
Citrus	Low temperature	Pectic oligosaccharides	Fragments of cell wall	10 g L ⁻¹	Postharvest spray application on fruits	Early defense signals
Wheat	Low temperature	GXAG + ABA	Fragments of cell wall	5 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (GXAG) + 50 μM (ABA)	Application in roots	Initiation of freezing tolerance acquisition in winter plants
Potato	<i>Phytophthora infestans</i>	FytoSave (COS-OGAS)	Fungal cell wall—Fragments of cell wall	12.5 g L ⁻¹	Foliar spray	Upregulation of defense genes <i>PI-1</i> , <i>PR-1</i> , and <i>acidic PR-2</i> in potato
Rice	<i>Meloidogyne graminicola</i>					Induced defense dependent on <i>OsPAL4</i> gene expression in rice
Tobacco	<i>Botrytis cinerea</i>	PeBL2	Microorganism-Derived	50 μM	Infiltrated leaves	Generation of ROS (H ₂ O ₂ and O ₂ ⁻) and systemic resistance activation
Tobacco	tobacco mosaic virus and <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tabaci</i> .	PeFOC1	Microorganism-Derived	5 μM	Infiltrated leaves	Upregulation of <i>NIPAL</i> , <i>NIEDS1</i> , <i>NILOX</i> , and <i>NIPDF</i> , activated SA and JA/Et signaling pathways, induced callose, and phenolic compounds deposition
Avocado	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Chitosan	Fungal cell wall	16 mg mL ⁻¹	In vitro	Induce specific accumulation of phenylpropanoids and an antifungal diene
Tomato	Cucumber mosaic virus (CMV)	Chitosan	Fungal cell wall	10 mL. plant ⁻¹	Foliar spray	Reduced viral load and upregulated <i>PAL5</i> expression.
Citrus	<i>Geotrichum candidum</i>	SA	Phytohormone	2.5 mmol L ⁻¹	Wounded fruit	Enhanced phenylpropanoid pathway-related enzyme activities and stimulated the synthesis of phenolic acids and lignin
		<i>P. membranaefaciens</i>	Microorganism-derivate	1 $\times 10^8$ cells mL ⁻¹		
		Chitooligosaccharide	Fungal cell wall	15 g L ⁻¹		
Arabidopsis	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>	Cellobiose	Fragments of cell wall	100 μM	In vitro	Signaling similar to other PAMPs/DAMPs,

Algas marinas

- Estimulan producción de fitoalexinas
- Inducción de enzimas glucanasas
- Producción de especies reactivas del oxígeno (ROS)
- Transcripción de genes relacionados con patogenicidad (PR)
- Actividad antimicrobial: glicerol, lípidos, alcaloides, péptidos cíclicos, polisacáridos, poliquétidos, esteroides y florotaninos con efecto citotóxico.



Efecto generales del silicio

- Síntesis en quitinasas, glucanasas, fenilalanina amoníaco-liasa, peroxidasas, polifenoloxidas, antocianinas, flavonoides, lignina, fenoles y otros compuestos del metabolismo secundario.
- Reforzamiento de la pared celular.
- Capacidad quelatante de metales pesados.
- Previene el daño oxidativo de la membrana por la salinidad.
- Disminuye la transpiración.
- Acumulación de ácido jasmónico (necrosis)



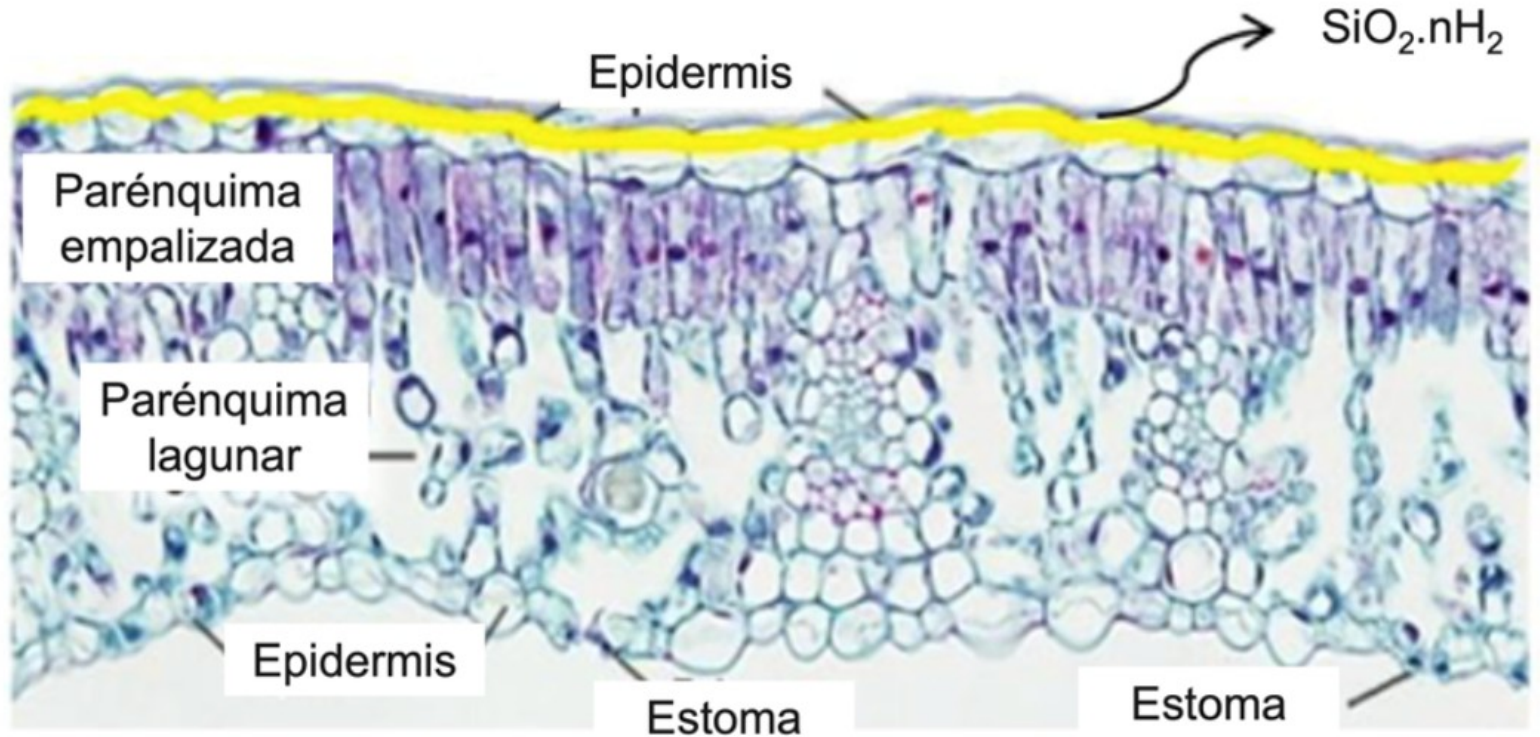
Algunos patógenos suprimidos por aplicaciones de silicio

Table 5. Pathogens causing damping off, galls, leaf blights, leaf spots, powdery mildews, root rots, rusts, and wilts in plants reported to be suppressed by silicon^a

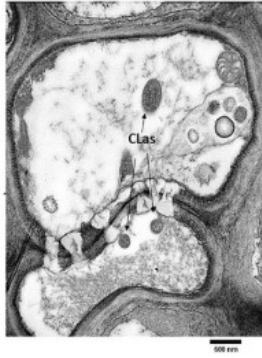
Pathogens	Genera
Fungi	<i>Bipolaris</i> , <i>Blumeria</i> , <i>Colletotrichum</i> , <i>Corynespora</i> , <i>Diplocarpon</i> , <i>Erysiphe</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Leptosphaeria</i> , <i>Magnaporthe</i> , <i>Phaeosphaeria</i> , <i>Phakospora</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Septoria</i> , <i>Sphaerotheca</i> , <i>Sclerotinia</i> , and <i>Uncinula</i>
Oomycetes	<i>Phytophthora</i> and <i>Pythium</i>
Bacteria	<i>Acidovorax</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Ralstonia</i> , and <i>Xanthomonas</i>
Virus	<i>Nepovirus</i>
Nematode	<i>Meloidogyne</i>



Disposición de silicio en la epidermis de una hoja



El HLB de los cítricos





RESULTADOS PRELIMINARES DE USO DE SILICIO EN LIMÓN MEXICANO (*Citrus aurantifolia*) PARA REDUCCIÓN DE LA SEVERIDAD DE HLB.



Virgen Calleros Gil, Fernández Rivera E, Medina Urrutia V.M, De La Paz Gutiérrez S. y J. Reyes Hernández. Departamento de Producción Agrícola. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Km. 15.5 Carr. Gdl-Nogales, Las Agujas Mpio. de Zapopan, Jal. Méx. E-mail: gvirgen36@yahoo.com.mx

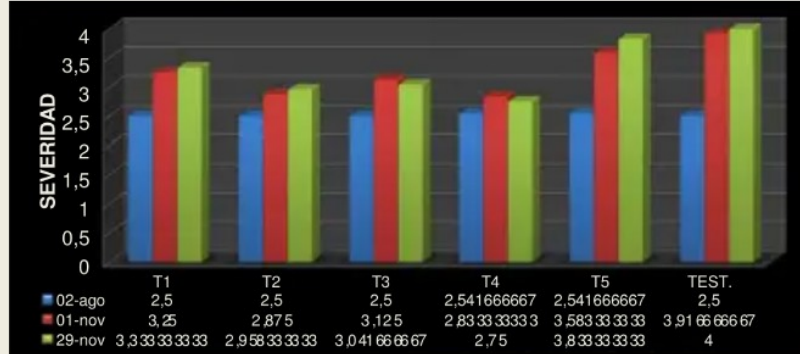


Figura 2. Severidad de HLB en Limón mexicano con diferentes tratamientos en tres fechas de muestreo, en Tecomán, Col.

Cuadro 3. Análisis estadístico del nivel de severidad de los distintos tratamientos

TRATAMIENTO	MEDIA	
6	3.9160	A
5	3.5830	AB
1	3.2495	BC
3	3.1245	BC
2	2.8747	C
4	2.8330	C

Cuadro 1. Gramos de fertilizante por árbol aplicado al suelo y foliar en limón mexicano *Fertilización Foliar (Mg=0.765mL, Mn=0.66mL, ZnCu=1.130mL, Fe=4.54 mL, Na₂SeO₃=20mg).

Tratamiento	Urea (g)	DAP (g)	KCl (g)	SiO ₂	Macro elementos foliares	Micro elementos foliares	*Fertilización foliar
1	100	60	80	5 mL	5 mL	5 mL	NO
2	100	60	80	10 mL	10 mL	10 mL	NO
3	100	60	80	5 mL	5 mL	5 mL	SI
4	100	60	80	10 mL	10 mL	10 mL	SI
5	100	60	80	0	0	0	SI
6	100	60	80	0	0	0	NO

Cuadro 2. Escala de daño para la evaluación de la severidad en limón mexicano causada por HLB

INDICE DE SEVERIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Sano
2	20% de Hojas con presencia de manchas cloróticas.
3	50% de las ramas totales con manchas cloróticas.
4	Presencia de clorosis, enrollamiento y engrosamiento de la vena en hojas.
5	Árbol defoliado
6	Muerte del árbol



RESULTADOS PRELIMINARES DE USO DE SILICIO EN LIMÓN MEXICANO (*Citrus aurantifolia*) PARA REDUCCIÓN DE LA SEVERIDAD DE HLB.



Virgen Calleros Gil, Fernández Rivera E, Medina Urrutia V.M, De La Paz Gutiérrez S. y J. Reyes Hernández. Departamento de Producción Agrícola. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Km. 15.5 Carr. Gdl-Nogales, Las Agujas Mpio. de Zapopan, Jal. Méx. E-mail: gvirgen36@yahoo.com.mx

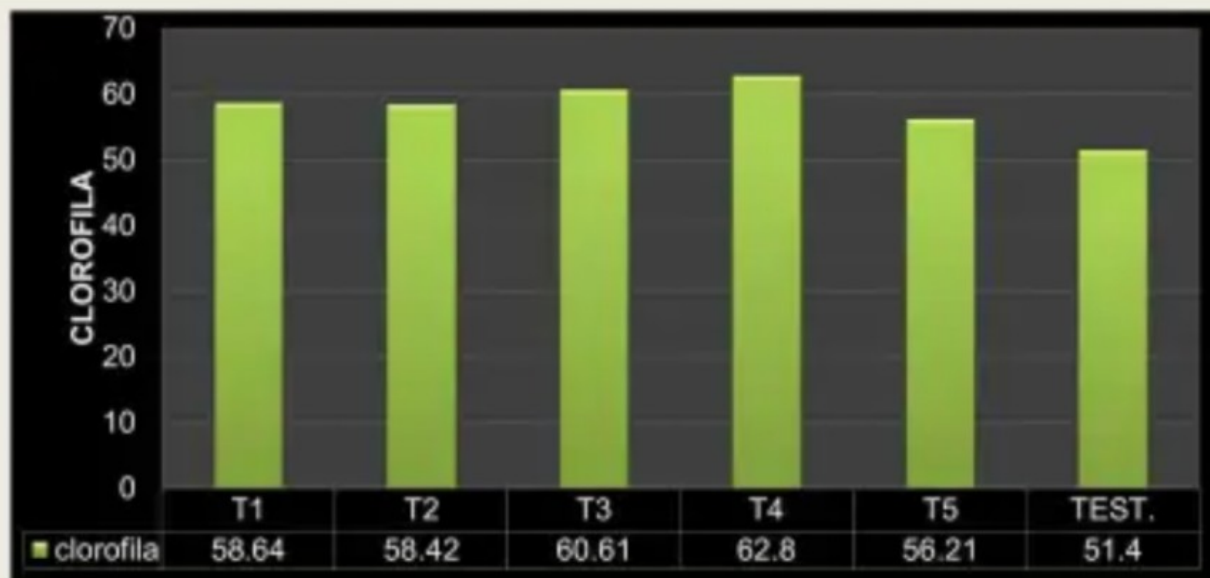


Figura 3. Contenido de Clorofila en Limón mexicano infectado con HLB con diferentes tratamientos de silicio, en Tecomán, Col.



El Wood Pocket (WP) o manchado sectorial es una fisiopatía causada por estrés por calor y déficit hídrico que se caracteriza por la presencia de manchas cloróticas en las hojas pudiendo causar la muerte del árbol debido a que las ramas se vuelven quebradizas, con lo cual se favorece la entrada de patógenos.

Martínez de la Torre, Veracruz
3.5 ha temporal

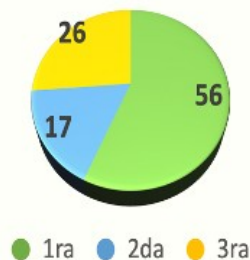
El primer corte que se dio en las 3.5 has fu de:

830 rejas en total, donde 389 se fueron a terceras por la afectación de wood pocket y 200 rejas a segunda teniendo 241 rejas de primera calidad.



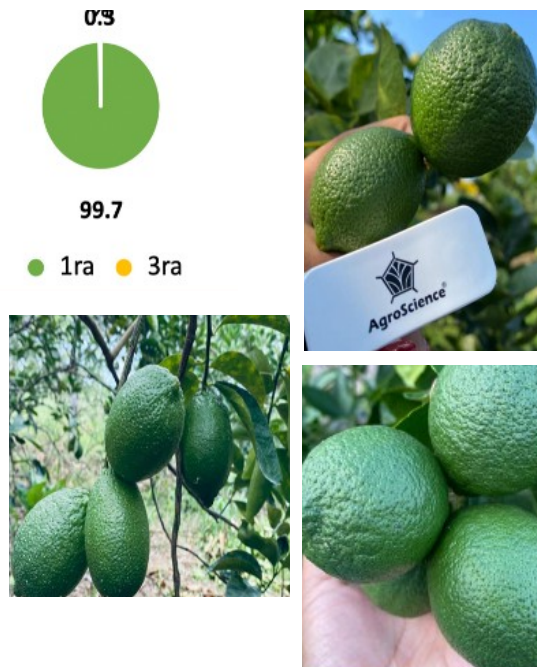
Después de la segunda aplicación:

Se cortaron 500 rejas en total de las cuales 130 fueron terceras, 87 de segundas y 283 de prii





Después de la 3ra aplicación se cortaron 353 rejas en total, de las cuales: 30 fueron terceras, 5 segundas y 318 primeras.



Después de la 4ta aplicación se cortaron 183 rejas en total, de las cuales: 0.5 fueron terceras, 0 segundas y 182.5 primeras.

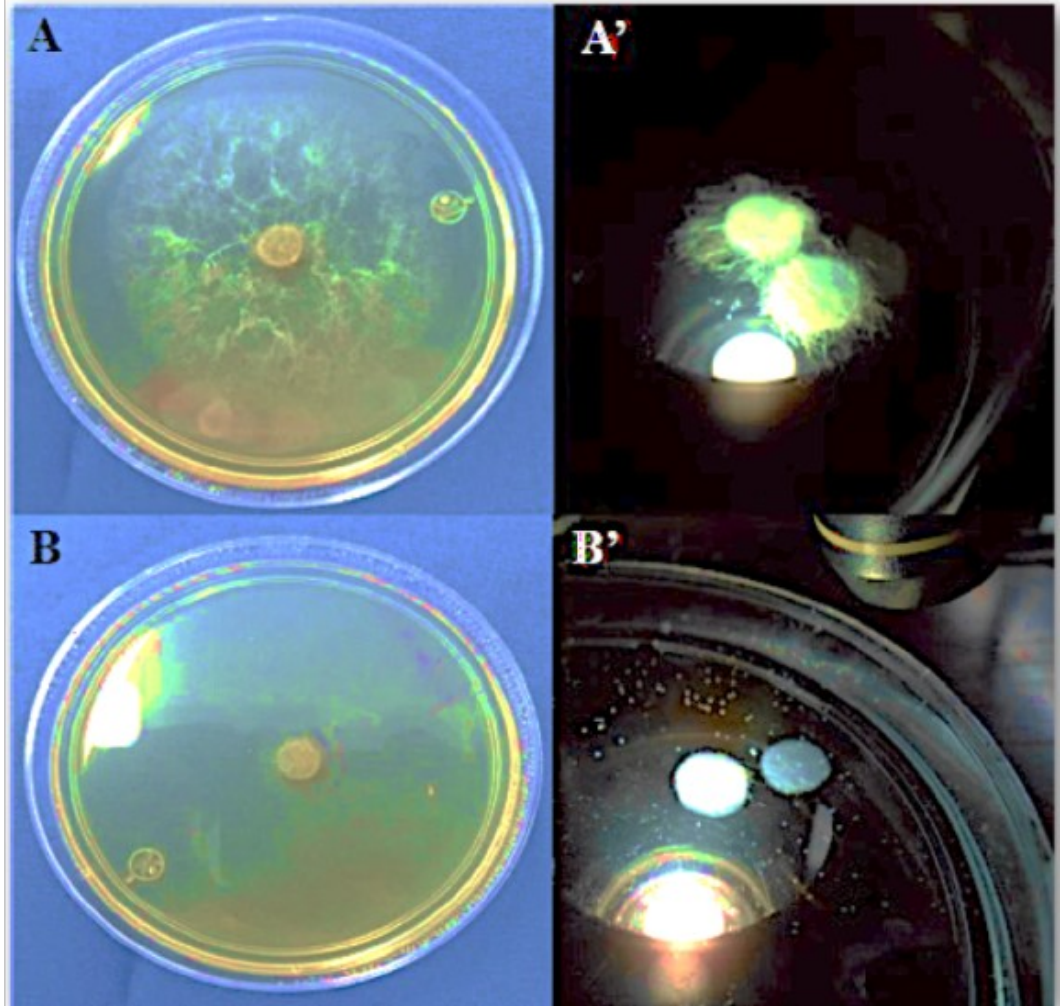
Proteína rica en prolina más silicio cataliza la deposición localizada de silicio, gracias a la lisina y aginina del extremo C de la proteína.



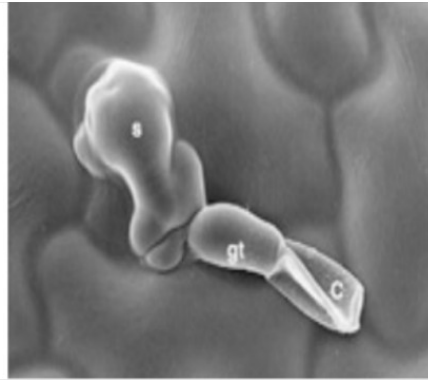
Fosfitos

Directa

- Inhibición de la fosforilación oxidativa
- Inhibición del crecimiento micelial
- Distorsión de hifas
- Inhibición de la germinación de conidios
- Lisis de pared celular
- Inhibición de producción de zoosporas



Fosfitos



Indirecta

- Estimulación de resistencia
- Acumulación de compuestos fenólicos
- Reforzamiento de paredes celulares
- Peroxidasas, catalasas
- B-1,3 glucanasas
- PAL (fenilalanina amoniaco-liasa), fitoalexinas
- ROS (especies reactivas de oxígeno)
- Acumulación de SA (ácido salicílico)
- Efecto de preactivación (priming effect)

Organismos fitoparásitos controlados con fosfitos

Organismo fitoparásito	Planta hospedante	Fosfito	Referencia
Protozoarios			
<i>Plasmodiophora brassicae</i>	<i>Brassica rapa</i>	Potasio	Kammerich et al., 2014
Oomycetes			
<i>Peronospora destructor</i>	<i>Allium cepa</i>	Potasio	Monsalve et al., 2012
<i>P. manshurica</i>	<i>Glicine max</i>	Potasio	Silva et al., 2011
<i>P. parasitica</i>	<i>Brassica oleracea</i>	Potasio	Becôt et al., 2000
<i>Phytophthora cinnamomi</i>	<i>Macadamia</i> spp.	Potasio	Akinsanmi y Dreth, 2013
<i>P. cinnamomi</i>	<i>Ananas comosus</i>	Potasio	Anderson et al., 2012
<i>Phytophthora infestans</i>	<i>Solanum tuberosum</i>	Aluminio	Kromann et al., 2012
<i>P. infestans</i>	<i>S. tuberosum</i>	Calcio	Lobato et al., 2008
<i>P. infestans</i>	<i>S. tuberosum</i>	Potasio	Borza et al., 2017
<i>P. infestans</i>	<i>S. tuberosum</i>	Potasio	Kromann et al., 2012
<i>P. infestans</i>	<i>S. tuberosum</i>	Potasio	Liljeroth et al., 2016
<i>P. nicotianae</i>	<i>Nicotiana tabacum</i>	Potasio	Smillie et al., 1989
<i>P. palmivora</i>	<i>Carica papaya</i>	Potasio	Smillie et al., 1989
<i>Plasmopara viticola</i>	<i>Vitis vinifera</i>	Potasio	Pinto et al., 2012
<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	<i>Cucumis melo</i>	Potasio	Méndez et al., 2010
<i>Pythium aphanidermatum</i>	<i>C. sativus</i>	Cobre	Abbasi y Lazarovits, 2006
<i>P. irregulare</i>	<i>C. sativus</i>	Cobre	Abbasi y Lazarovits, 2006
<i>P. ultimum</i>	<i>C. sativus</i>	Cobre	Abbasi y Lazarovits, 2006
<i>P. ultimum</i>	<i>C. sativus</i>	Potasio	Mofidnakhaei et al., 2016

Organismos fitoparásitos controlados con fosfitos

Hongos

Alternaria alternata
Cercospora coffeicola
Cochliobolus miyabeanus
Colletotrichum gloeosporioides
C. gloeosporioides
C. gloeosporioides
Fusarium solani
F. solani
Fusicladium effusum
Hemileia vastatrix
Oidium sp.
Oidium sp.
Penicillium digitatum
P. italicum
P. expansum
P. expansum
Rhizoctonia solani
R. solani
Venturia inaequalis
V. pirina

Malus domestica
Coffea arabica
Oryza sativa
C. arabica
Fragaria vesca
Malus domestica
Solanum tuberosum
S. tuberosum
Carya illinoensis
Coffea arabica
Cucumis sativus
C. sativus
Citrus limon
C. limon
Malus domestica
Malus domestica
Solanum tuberosum
S. tuberosum
S. tuberosum
Pyrus communis

Potasio
Potasio
Potasio
Potasio
Potasio
Potasio
Calcio
Potasio
Potasio
Potasio
Potasio
Potasio
Potasio
Potasio
Potasio
Potasio
Potasio
Potasio
Potasio
Potasio
Potasio

[Reuveni et al., 2003](#)
[Costa et al., 2014](#)
[Nascimento et al., 2016](#)
[Ogoshi et al., 2013](#)
[MacKenzie et al., 2009](#)
[Araujo et al., 2010](#)
[Lobato et al., 2008](#)
[Lobato et al., 2008](#)
[Bock et al., 2012](#)
[Costa et al., 2014](#)
[Yáñez et al., 2012](#)
[Yáñez et al., 2014](#)
[Cerioni et al., 2013](#)
[Cerioni et al., 2013](#)
[Amiri y Bompeix, 2011](#)
[Lai et al., 2017](#)
[Lobato et al., 2008](#)
[Lobato et al., 2008](#)
[Percival et al., 2009](#)
[Percival et al., 2009](#)

Organismos fitoparásitos controlados con fosfitos

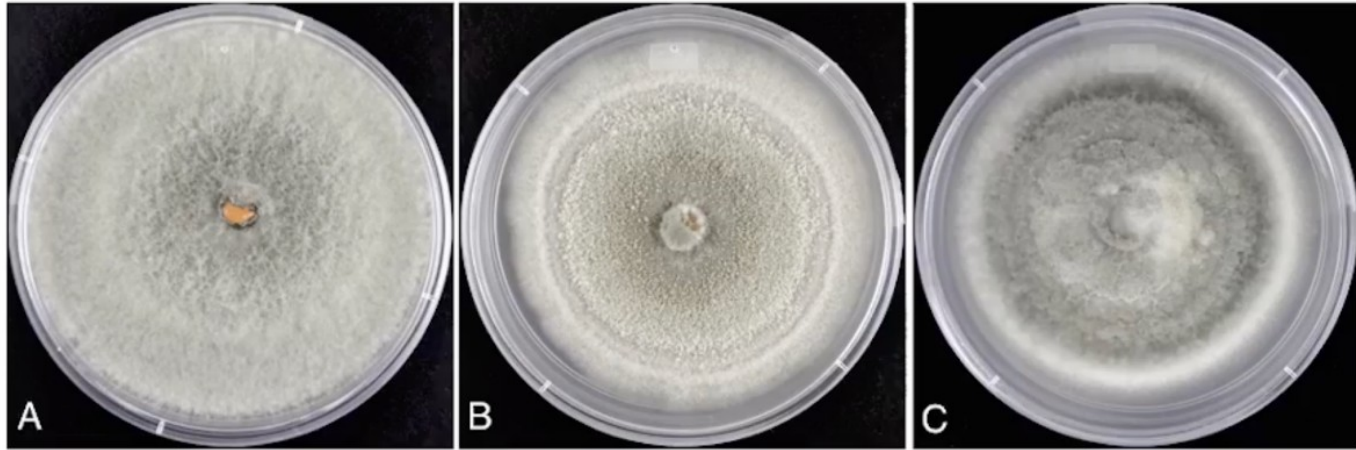
Bacterias

<i>Erwinia carotovora</i>	<i>Solanum tuberosum</i>	Potasio	Lobato et al., 2011
<i>E. amylovora</i>	<i>Pyrus malus</i>	Potasio	Aćimović et al., 2015
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>actinidiae</i>	<i>Actinidia deliciosa</i>	Aluminio	Monchiero et al., 2015

Nematodos

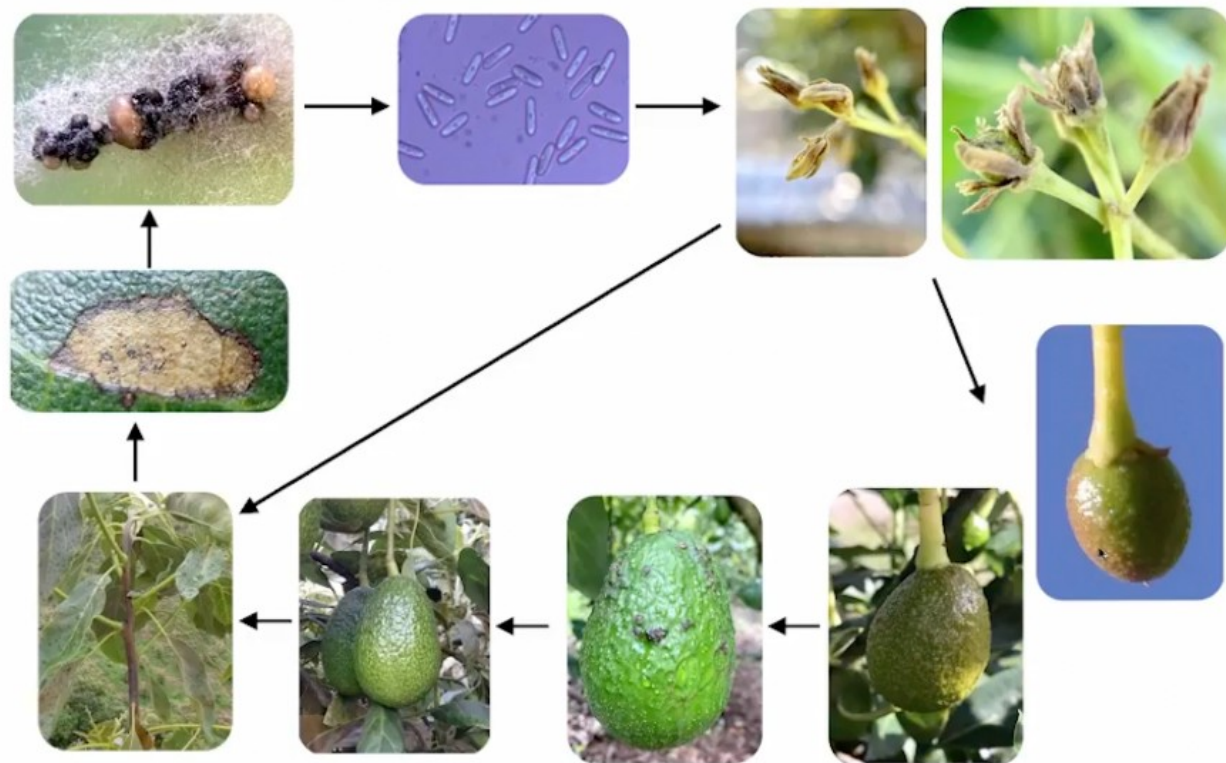
<i>Helicotylenchus</i> spp.	<i>Musa paradisiaca</i>	Potasio	Quintero-Vargas y Castaño-Zapata, 2012
<i>Heterodera avenae</i>	<i>Avena sativa</i>	Potasio	Oka et al., 2007
<i>Meloidogyne marylandi</i>	<i>Triticum aestivum</i>	Potasio	Oka et al., 2007
<i>Meloidogyne</i> spp.	<i>M. paradisiaca</i>	Potasio	Quintero-Vargas y Castaño-Zapata, 2012
<i>Pratylenchus brachyurus</i>	<i>Glycine max</i>	Potasio	Dias-Areira et al., 2012
<i>Pratylenchus brachyurus</i>	<i>Zea mays</i>	Potasio	Dias-Areira et al., 2012
<i>P. brachyurus</i>	<i>Zea mays</i>	Manganeso	Puerari et al., 20015
<i>Radopholus similis</i>	<i>M. paradisiaca</i>	Potasio	Quintero-Vargas y Castaño-Zapata, 2012

Agente causal



- A. *Colletotrichum gloeosporioides*.
- B. *Colletotrichum acutatum*.
- C. *Colletotrichum boninense*.

Ciclo de la enfermedad



La infección a los frutos es dependiente del número de conidios

Seguimiento y monitoreo

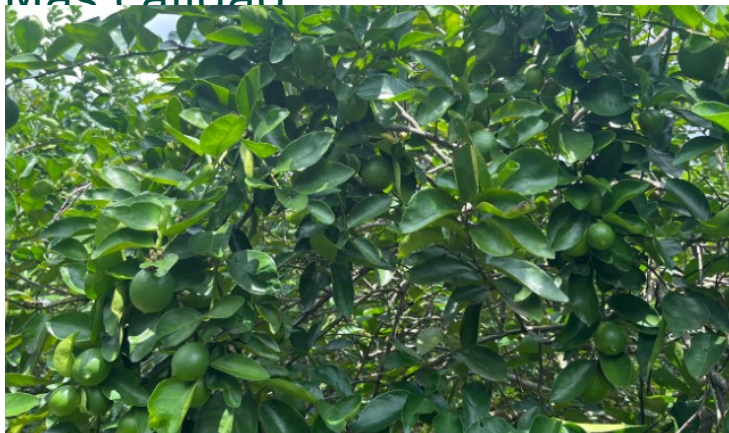
1.5L por ha en 400 litros de agua

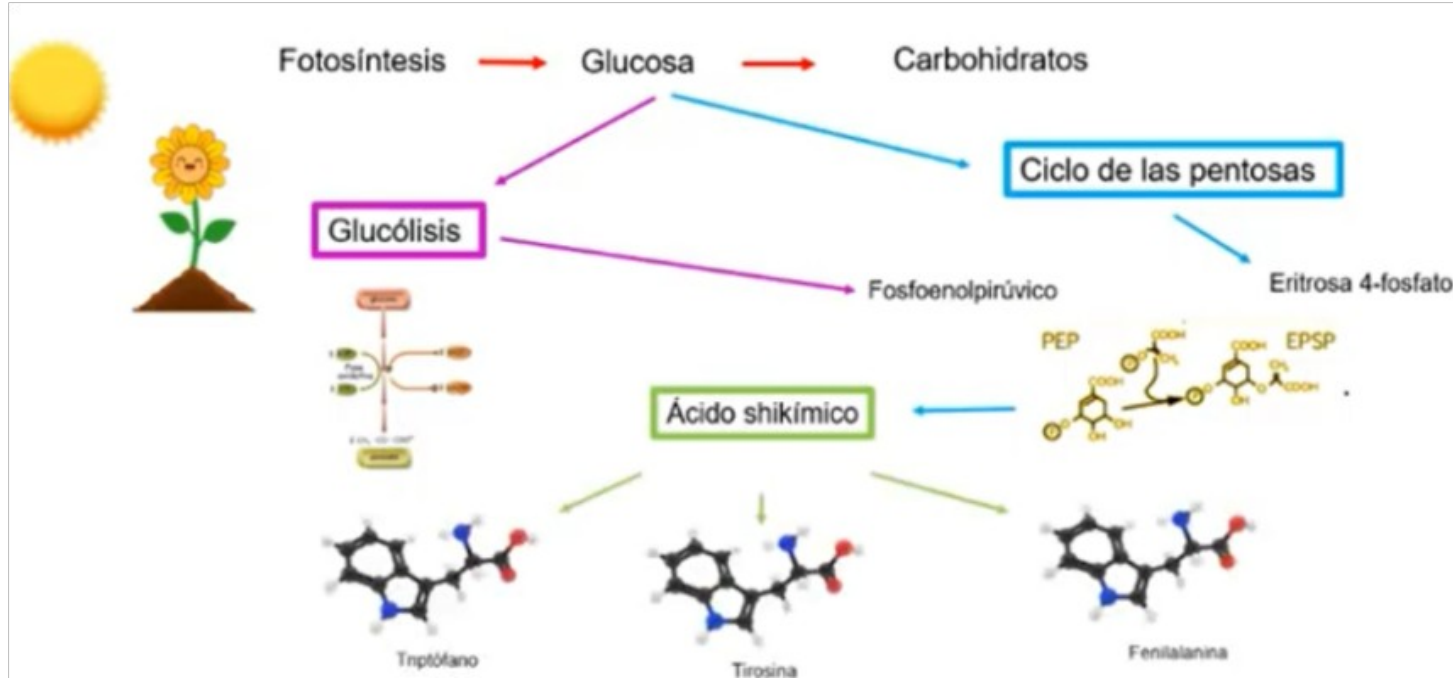
Contra Phytophthora

Vigorosidad

Buena producción

Más calidad

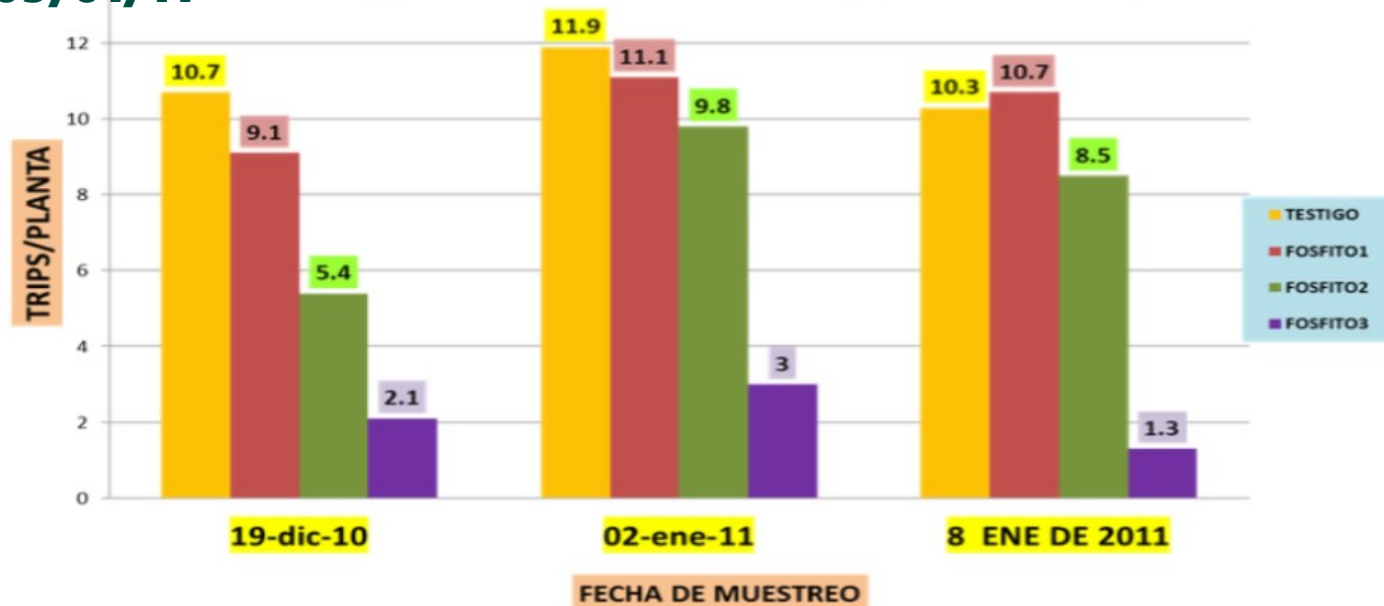




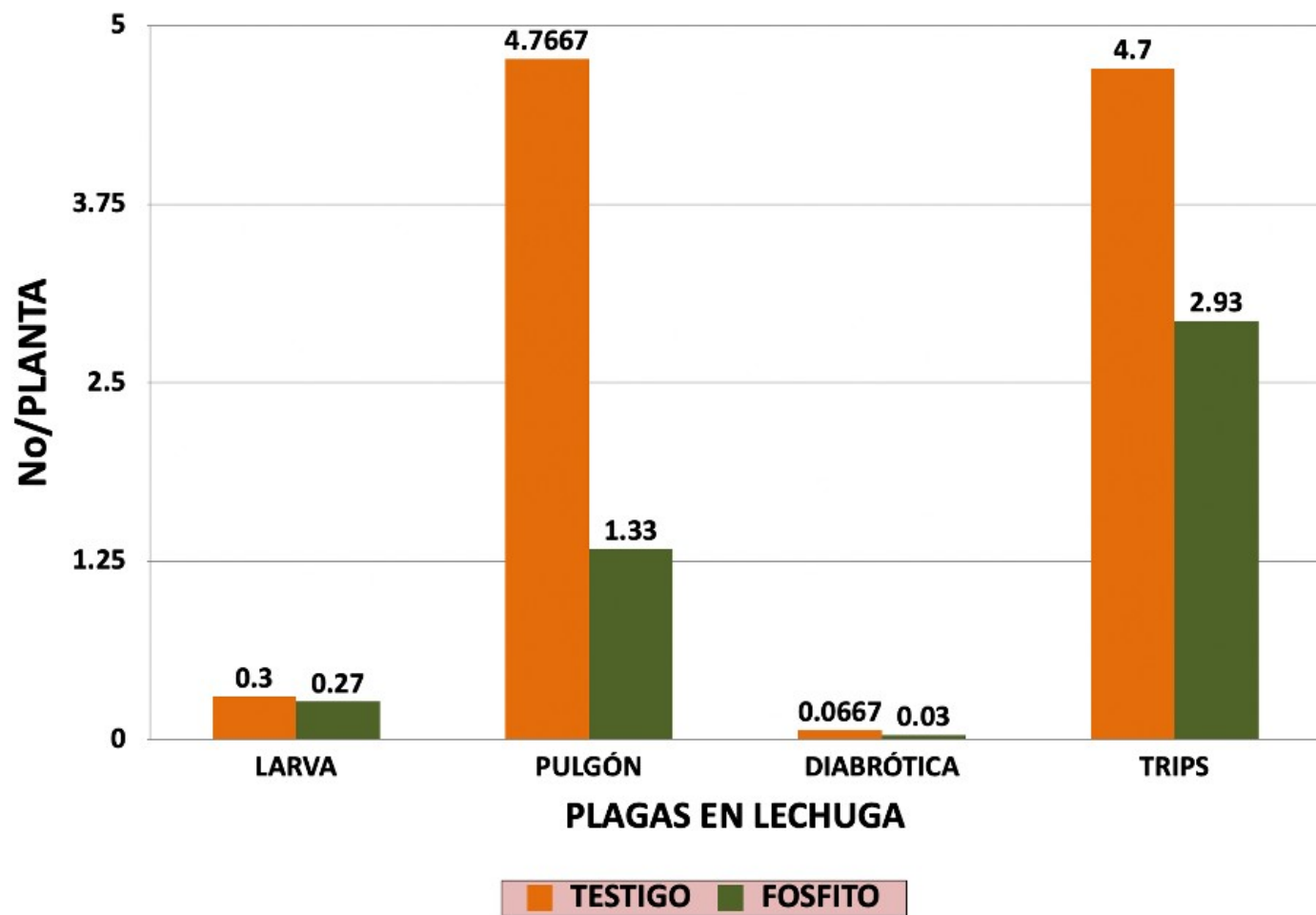
Producción de metabolitos secundarios como terpenoides, alcaloides y fenoles están implicados en las defensas químicas (repelentes o tóxicos) y físicas (lignina) de la planta contra plagas

Lovatt y Mikkelsen (2006) indican que los fosfitos estimulan la vía del ácido shiquímico.

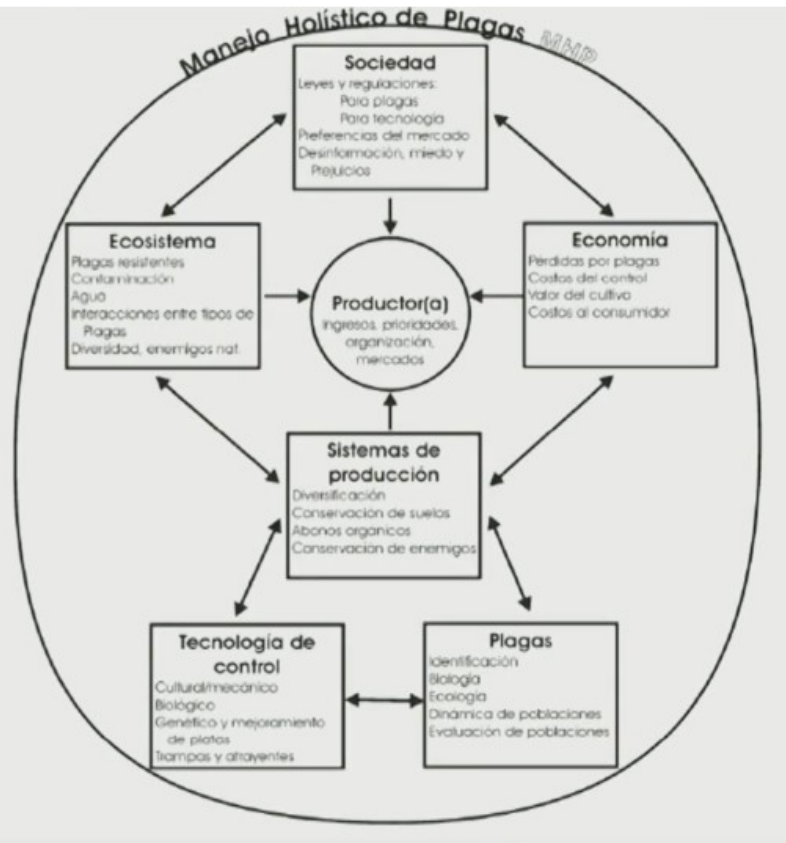
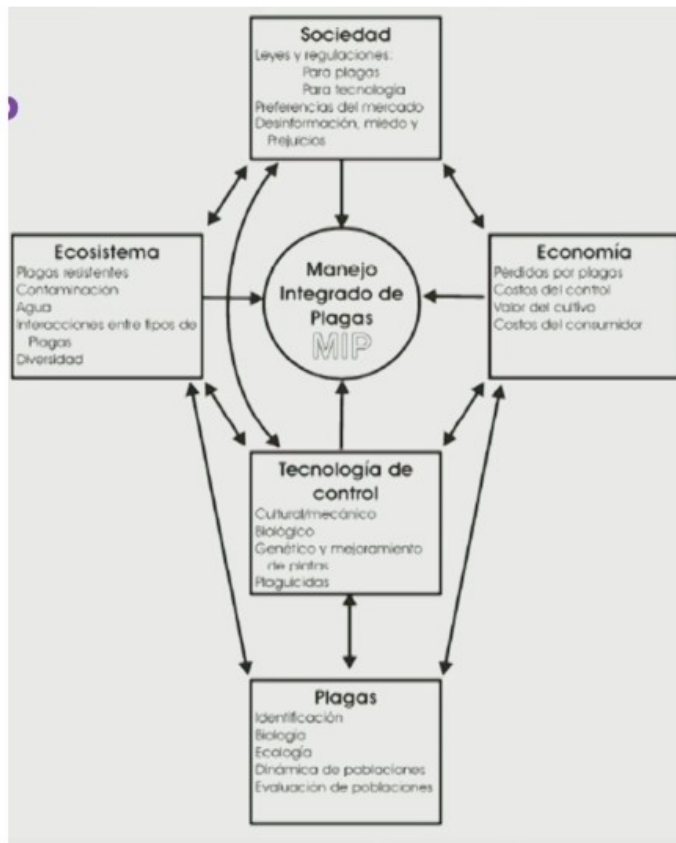
1. CEBOLLA, transplantada el 10/09/10, con 3 aplicaciones de fosfito de potasio: 17/12/10, 27/12/10, 05/01/11



FOSFITO 1 = 2 ml/L; 2 = 4 ml/L; 3 = 6 ml/L)



Componentes de un manejo integrado del cultivo





YUC  2026

CONGRESO LIMONERO

 SiCarFarms®