

# El papel de los hongos formadores de micorrizas y su manejo



David Douds Jr.

Investigador en Micorrizas del  
Departamento Federal de Agricultura de  
EUA

# Ventajas de los hongos formadores de micorrizas



- ❑ Extienden el sistema de raíces en forma significativa
- ❑ Producen formas de compuestos de carbono que mejoran la estructura del suelo y resisten a la descomposición
- ❑ Mejoran comportamiento de las plantas bajo estrés de sequía y falta de nutrientes

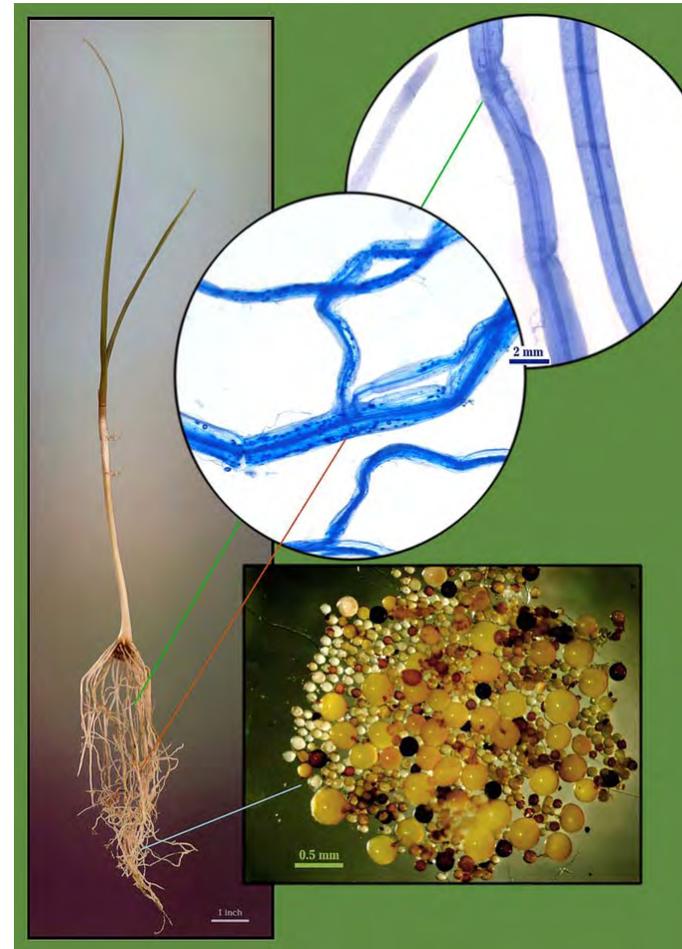
# Introducción

---

1. Origen de la palabra micorriza y micorriza arbuscular (MA)
2. Estructuras del hongo relacionadas con la planta huésped
3. Papel del hongo en la interacción con la planta huésped
4. Papel del hongo en la calidad del suelo y fijación de carbono
5. Prácticas agrícolas y cómo afectan
6. Multiplicando estos hongos para su uso benéfico.

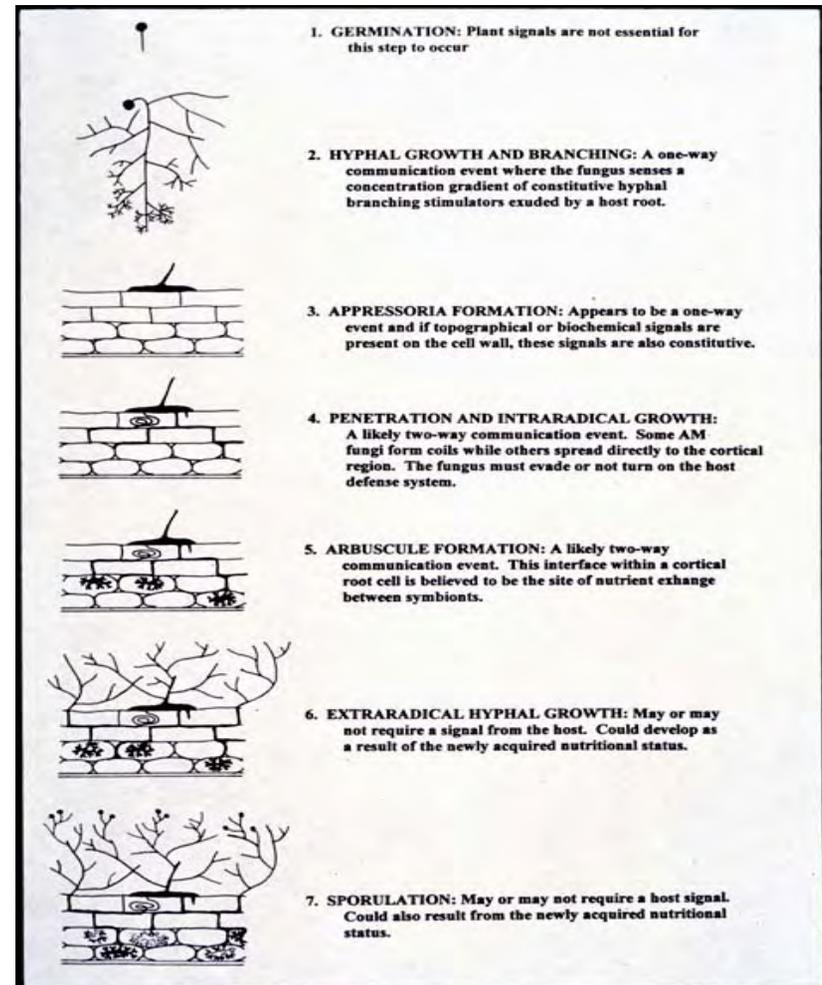
# Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (MA)

- Arbúsculo es una palabra de origen Latino que significa "como un arbusto". Esta refiere a la estructura microscópica que el hongo produce dentro de la célula de la planta huésped para absorber los nutrientes que la planta provee
- Micorriza viene del Griego mico refiere al hongo y riza a la raíz de la planta, juntos ellos forman una asociación beneficiosa que es común en el 90% de las plantas

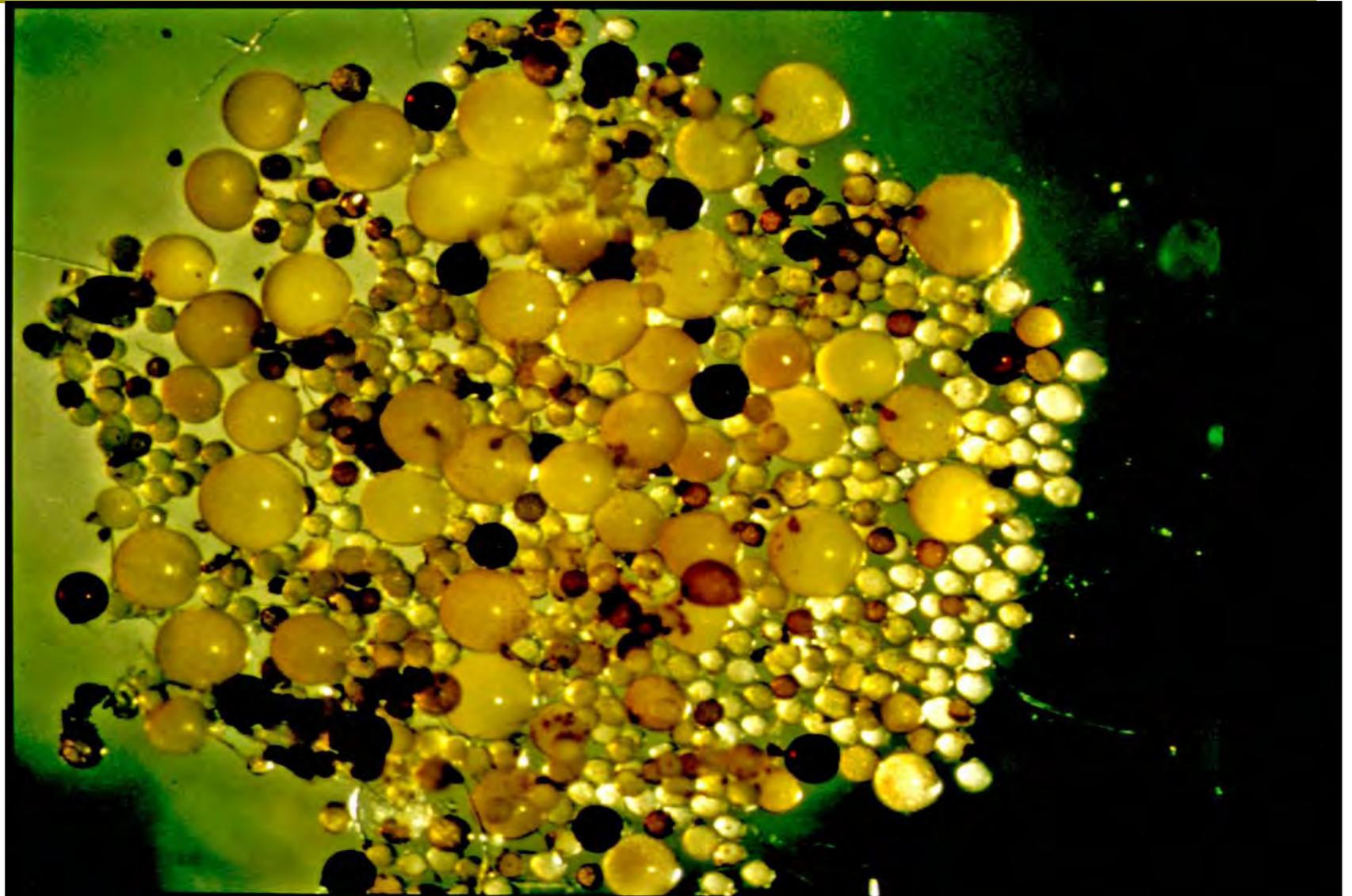


# Etapas de desarrollo de los hongos formadores de micorrizas arbusculares

1. Empieza con la germinación y brote de la esporangiospora en el suelo
2. Al contacto con la raíz forma un apresorio. Esta estructura genera una hifa de infección.
3. Cuando se rompe la pared celular del huésped se producen los arbuscúlos de absorción
4. Nutrido por carbohidratos de la planta huésped el hongo coloniza un área amplia del suelo proveyendo de agua y nutrientes a la planta.



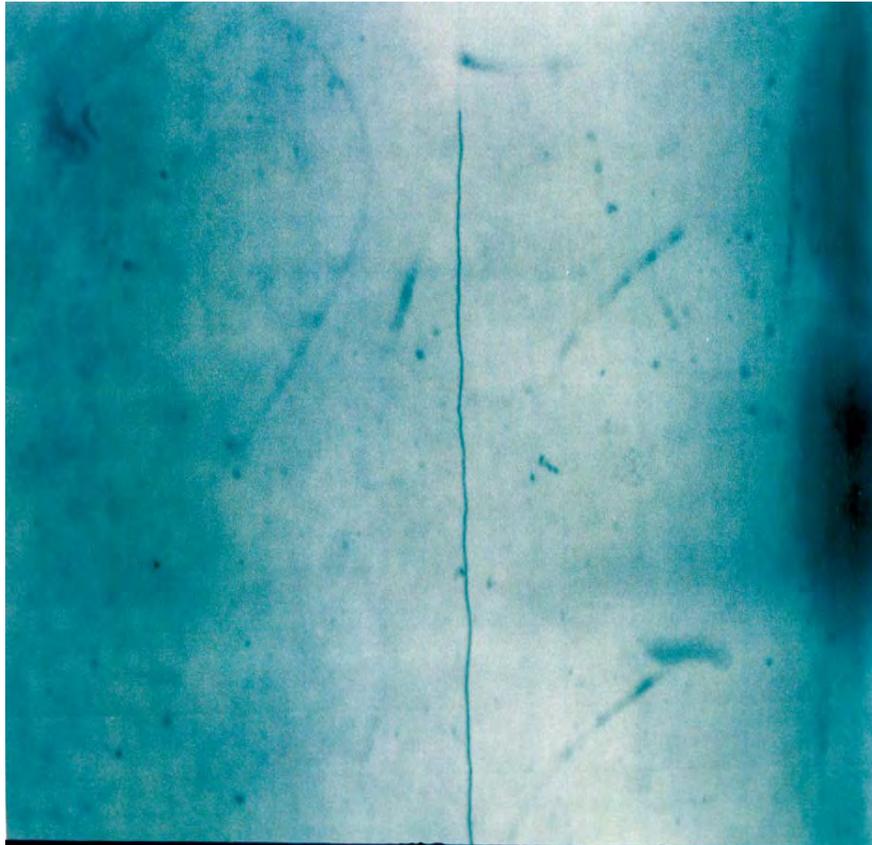
# Esporangiosporas de hongos formadores de micorrizas aisladas por lavado y filtración



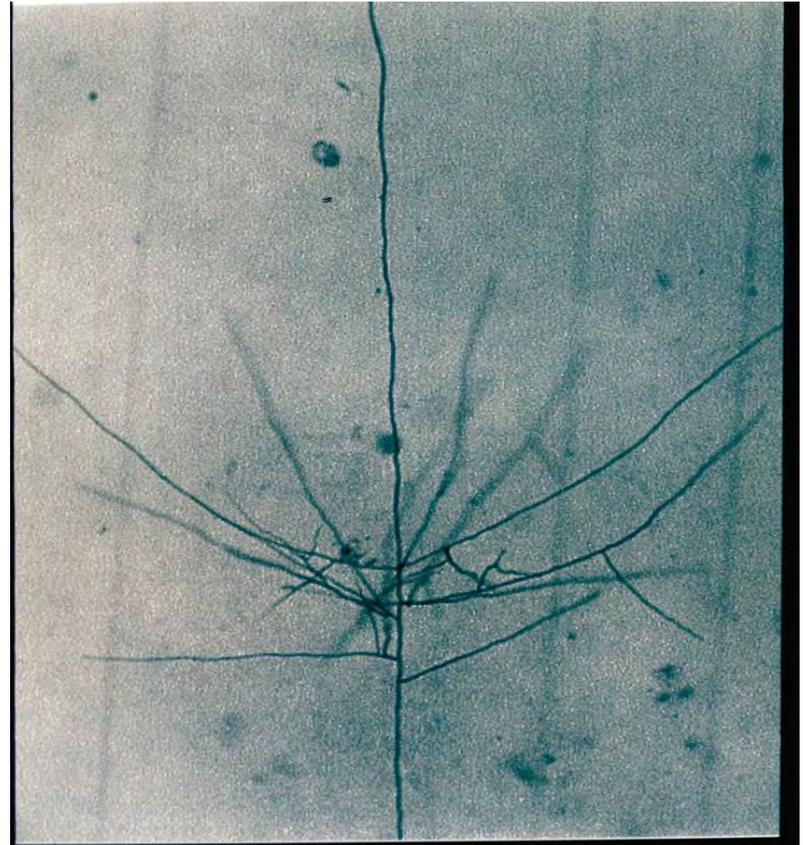
# La estimulación del hongo simbiótico depende de la planta huésped

---

Crecimiento de hifa en ausencia de exudados de plantas

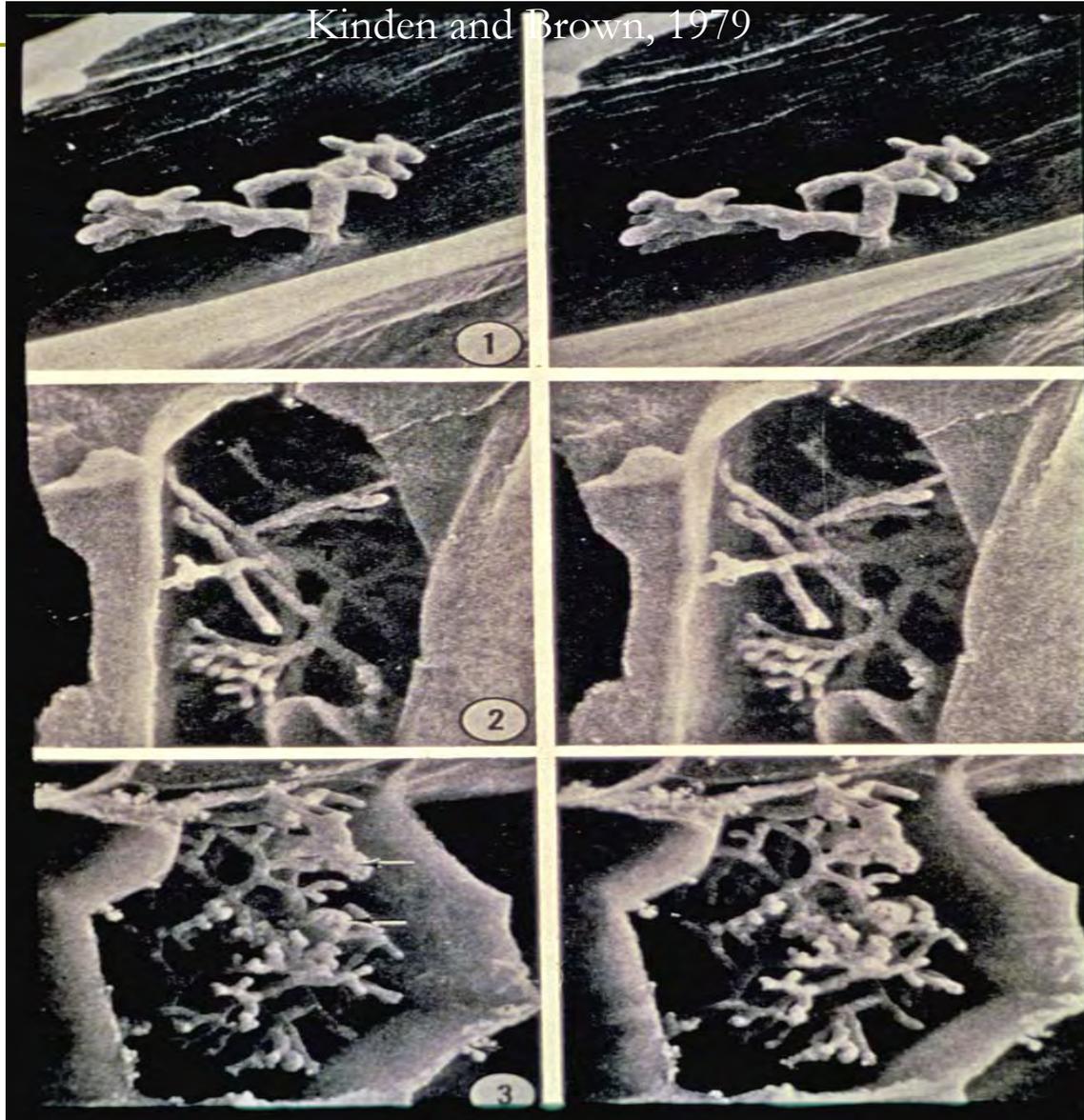


Crecimiento de hifa en presencia de exudados de plantas

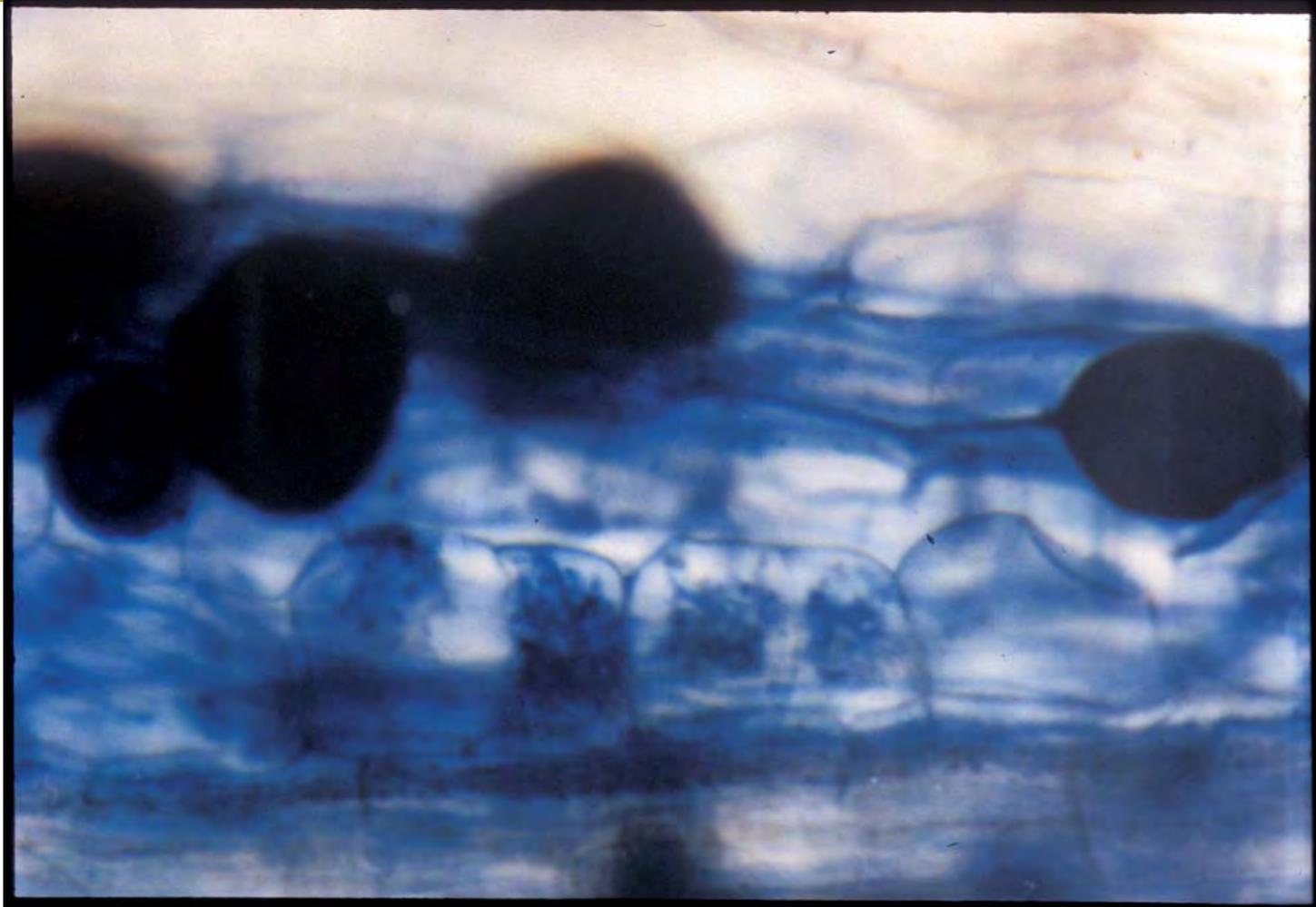


# Un arbúsculo desarrollándose dentro de una célula de planta hospedera

Kinden and Brown, 1979



# Arbúsculos, hifas y vesículas



# El papel de las micorrizas

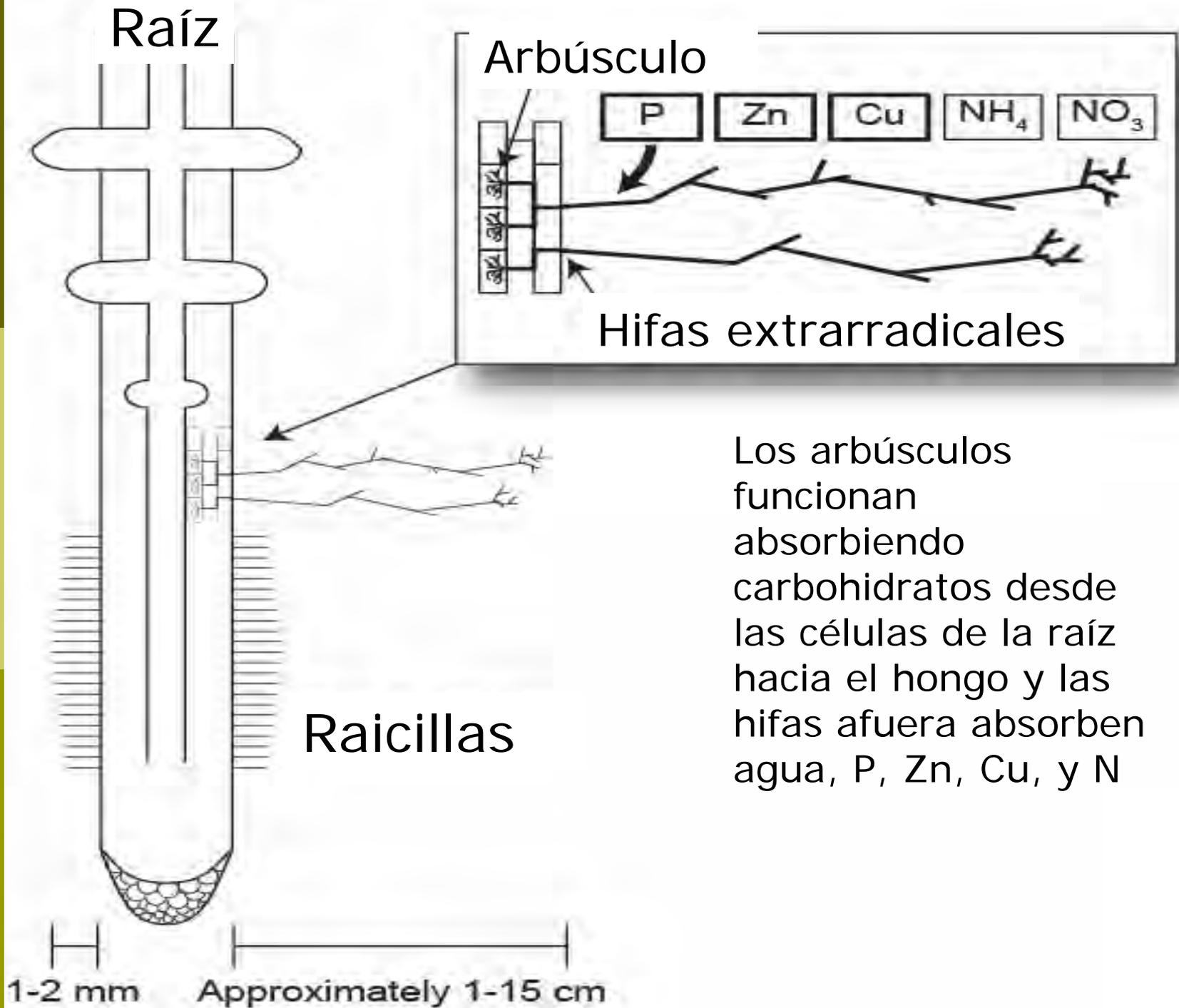
---



# Fresno de Pensilvania (*Fraxinus pennsylvanica*)

---







# Otros efectos beneficiosos de la relación micorriza

---

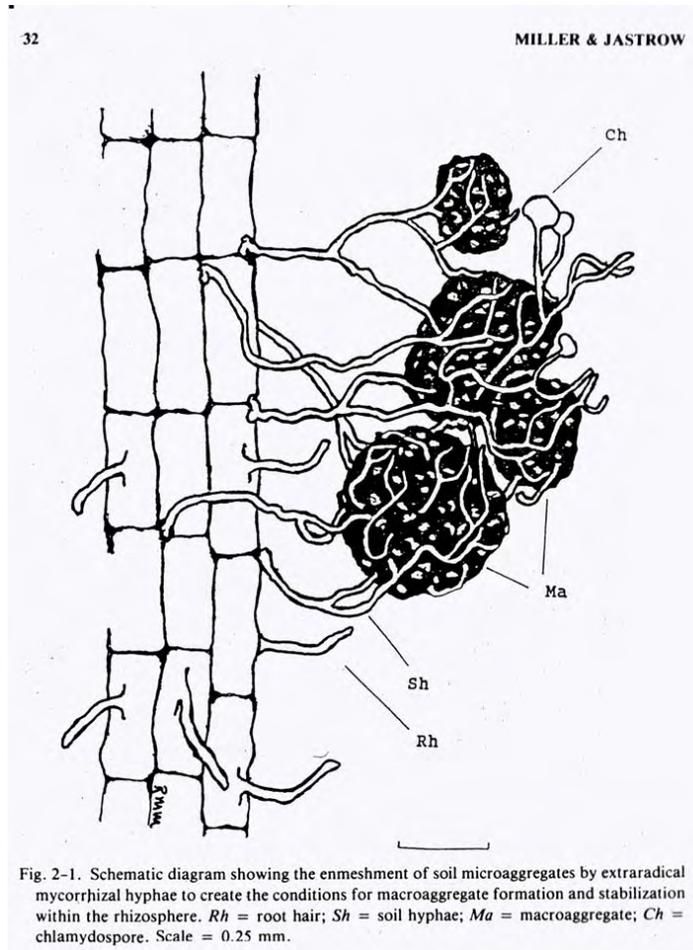
*Para la planta Huésped:*

- La relación entre planta, agua y suelo mejora
- En algunos caso se nota una mejor resistencia a enfermedades y plagas tipo probióticos.

*Para el suelo:*

- La glomalina, una glicoproteína protectora de la hifa tiene efecto de aglutinante natural que estimula la agregación de partículas en el suelo

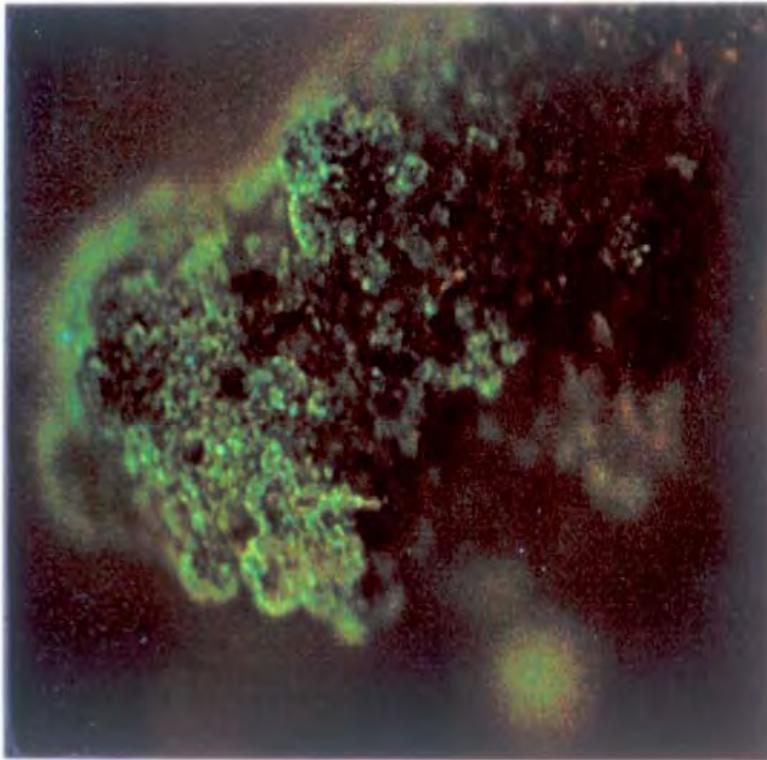
# La acción de la hifa sirve como enlace para estabilizar los agregados del suelo



# La distribución de la glomalina vista por inmunofluorescencia

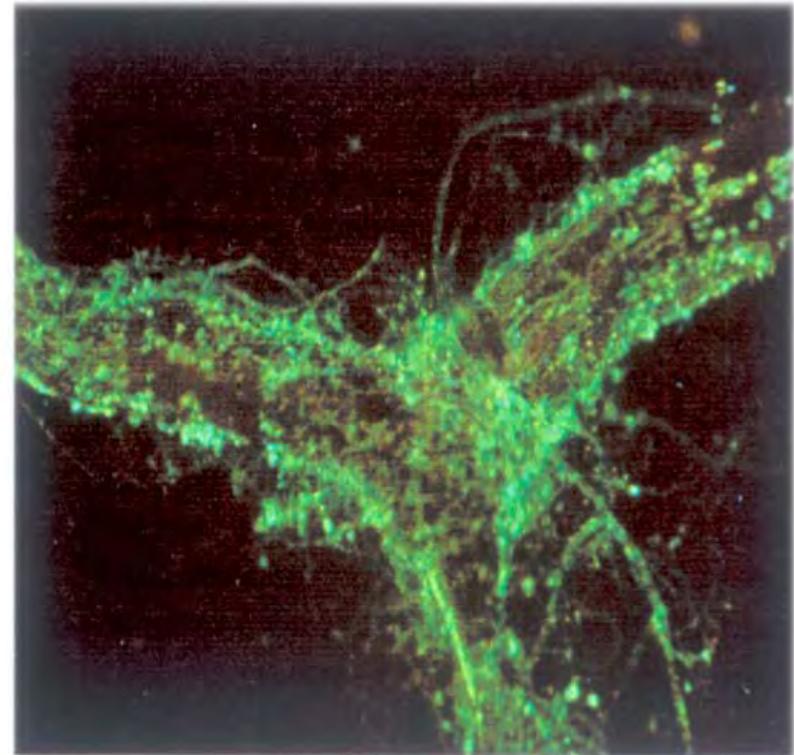
Photos from S. Wright, USDA-ARS

Relación con agregados del suelo



**Glomalin is the green material on this soil aggregate.**

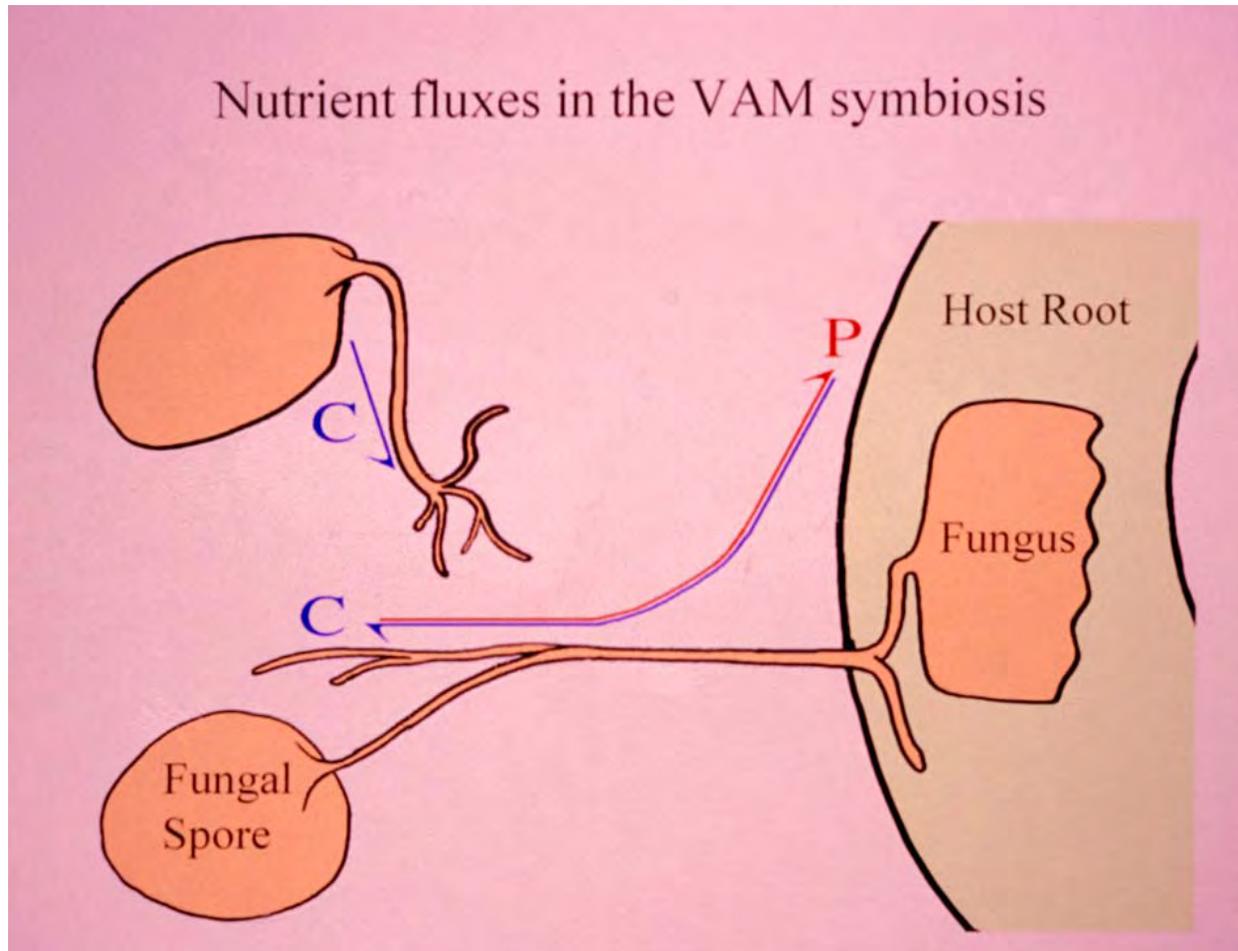
Relación con la hifa adentro y afuera de la raíz



**An arbuscular mycorrhizal fungus colonizing a root. Hyphae are the thread-like filaments. The**

# Flujo de nutrientes desde el huésped al hongo y desde el hongo al huésped

---



E hongo formador de micorriza no puede vivir sin asociación con una planta huésped, es llamado un simbiótico obligado

---

- ❑ Aunque puede sobrevivir sin el huésped en dormancia, no se puede reproducir y completar el ciclo de vida sin una planta viva.
  
- ❑ ¿Porqué?
  - La esporangiospora puede germinar sin una planta pero si no logra una infección se desgasta la energía en términos de reservas de grasa y se muere
  
  - Su dependencia en grasa depende de los carbohidratos de origen de la planta huésped

# Métodos para manejar la simbiosis micorriza en la agricultura

---

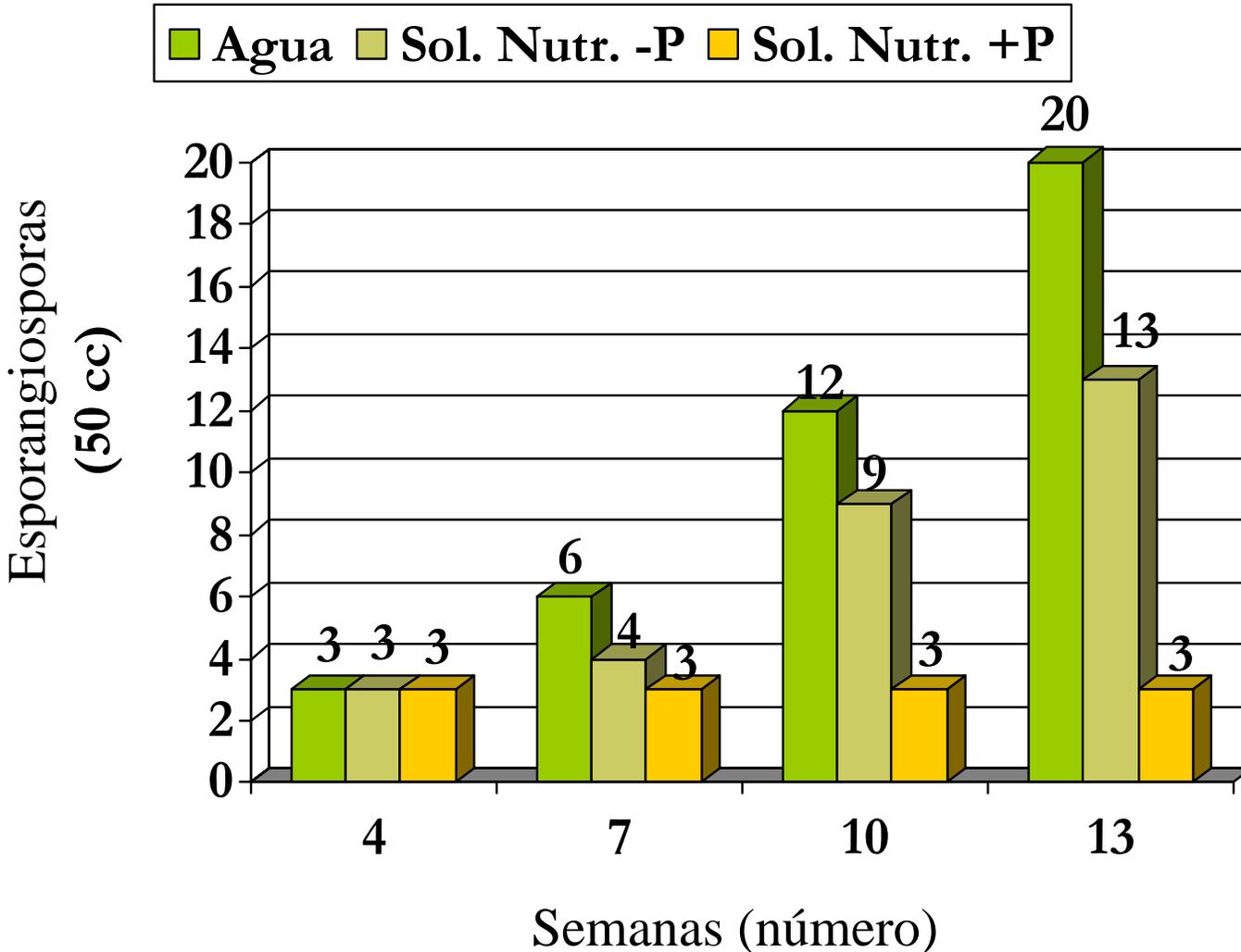
1. Estimular la comunidad natural de micorrizas nativas del suelo
2. Propagar cepas efectivas de hongos formadores de micorrizas para su uso por inoculación a suelos y sustratos deficientes

# La influencia de prácticas agrícolas en la actividad de hongos formadores de micorrizas

---

- Fertilizantes
- Uso de Plaguicidas
- Cultivos de cobertura
- Rotación de los cultivos anuales
- Labranza del Suelo
- Diversidad de Plantas
- Planta de Fam. Repollo
- Reduce esp. P
- Reduce esp. fung.
- Aumenta esp. mixtos
- Aumenta
- Aumenta esp. sin dependencia de quím.
- Aumenta
- No sólo no son huéspedes pero también puede generar toxicidad al hongo

Adición de fósforo a altas concentraciones reduce la colonización de hongos a la planta huésped y reduce su esporulación o reproducción



# ¿Y cómo?

- ❑ Las raíces en ambientes de alto fósforo no exudan tantos productos estimulantes de ramificaciones de hifa y por eso hay menos contactos de infección o colonización
- ❑ Plantas con mayor fósforo no proporcionan tantos carbohidratos al hongo. Esto limita la colonización desde la raíz al suelo.
- ❑ Menos carbohidratos suplidos al hongo reducen la cantidad de esporulación por falta de energía adecuada
- ❑ Este problema de sobre alimentación de fósforo es serio y común en los invernaderos

## 2. La aplicación de plaguicidas

---

- ❑ El benomil y ridomil son fungicidas que afectan negativamente a los hongos de micorriza por toxicidad directa sobre ellos
- ❑ Los herbicidas eliminan plantas huéspedes de los hongos micorriza; de esta manera tienen efecto indirecto
  - Los hongos micorriza muestran diversidad, que se da en paralelo a la diversidad de la fito comunidad
  - Con menos plantas huéspedes hay menos fuentes de carbono en forma de carbohidratos para el crecimiento y desarrollo de los hongos micorriza

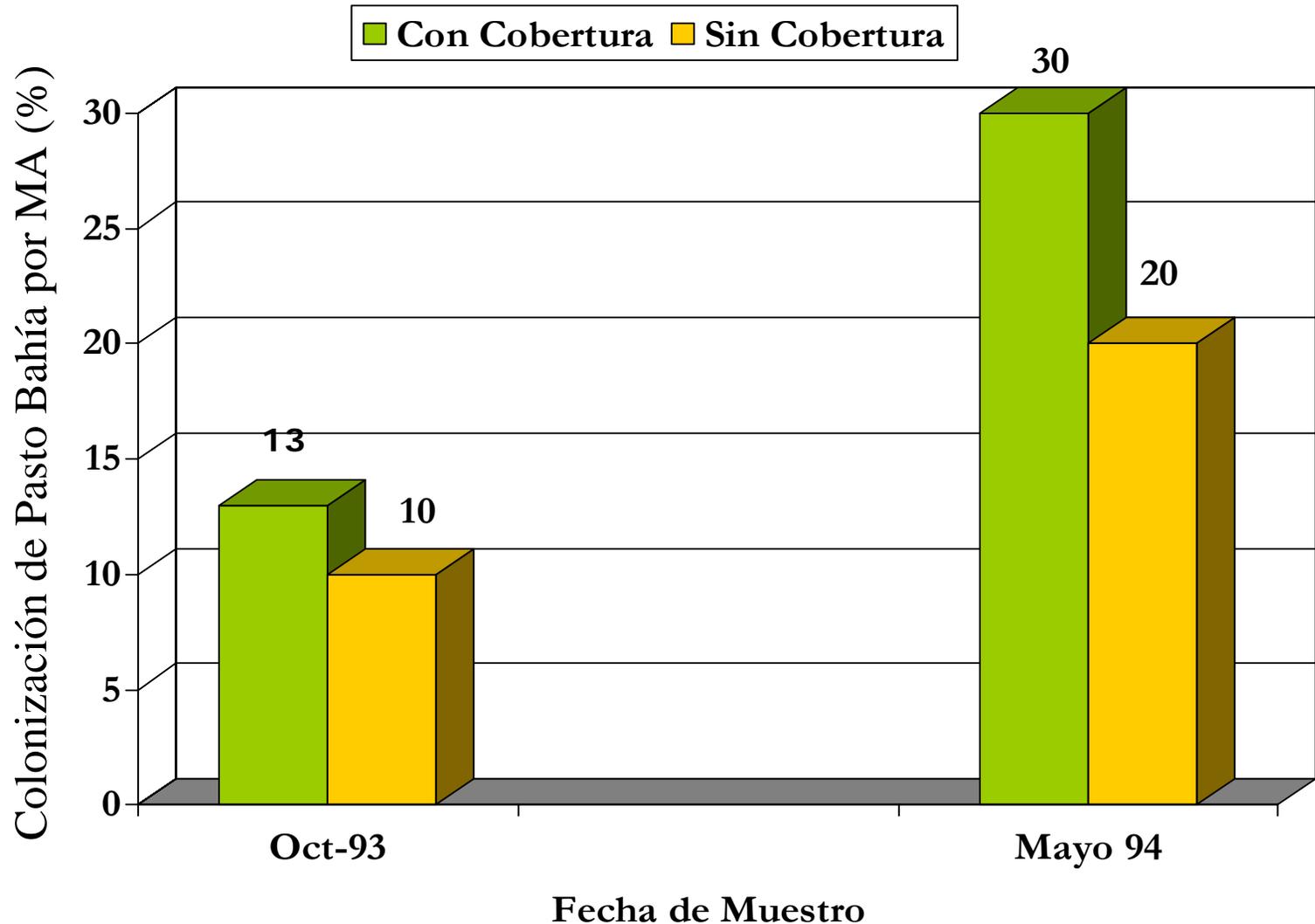
### 3. Cultivos de cobertura: representan un complejo juego de beneficios

---



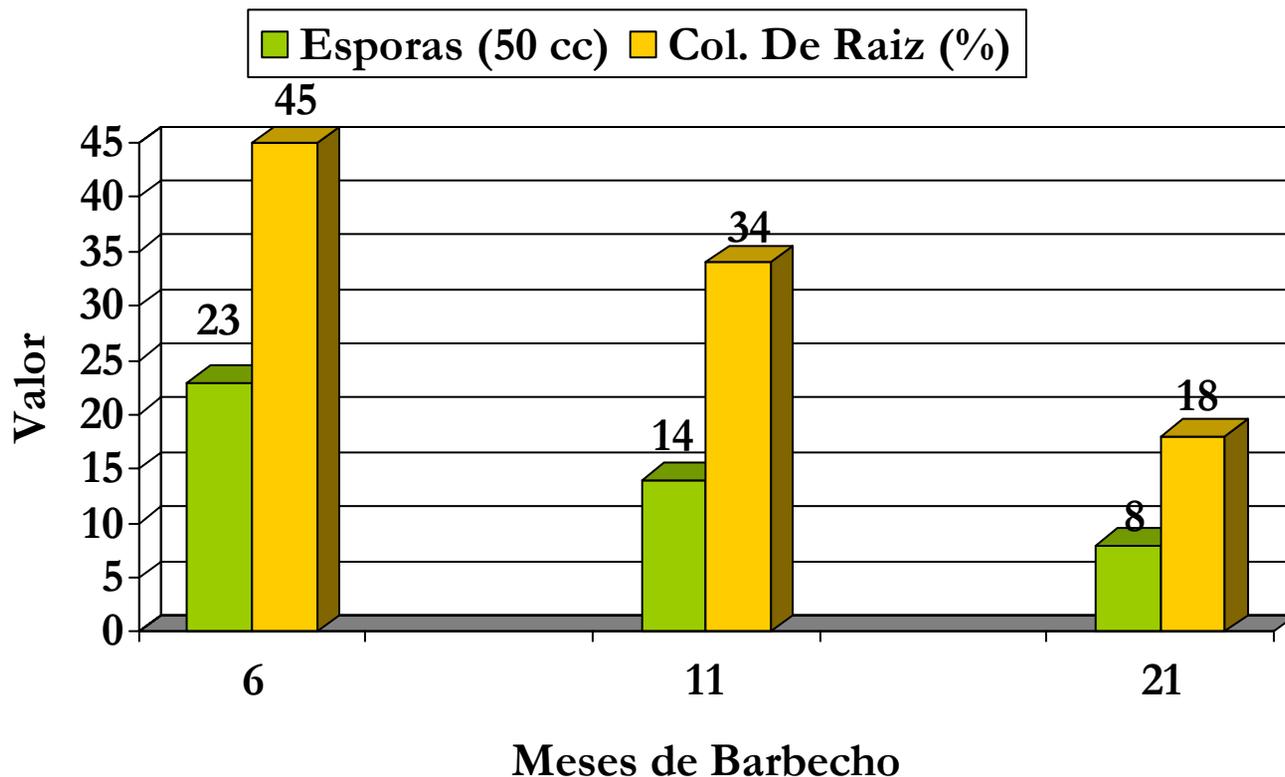
- ❑ Control de erosión
- ❑ Manejo de nutrientes
- ❑ Aumento de la materia orgánica
- ❑ Manejo de malezas
- ❑ Aumentan y conservan los hongos micorriza
- ❑ Aumentan la diversidad de micorriza por efecto de rotación

# El cultivo de cobertura de *Vicia villosa* aumenta la capacidad de micorriza de pasar el invierno en buen estado



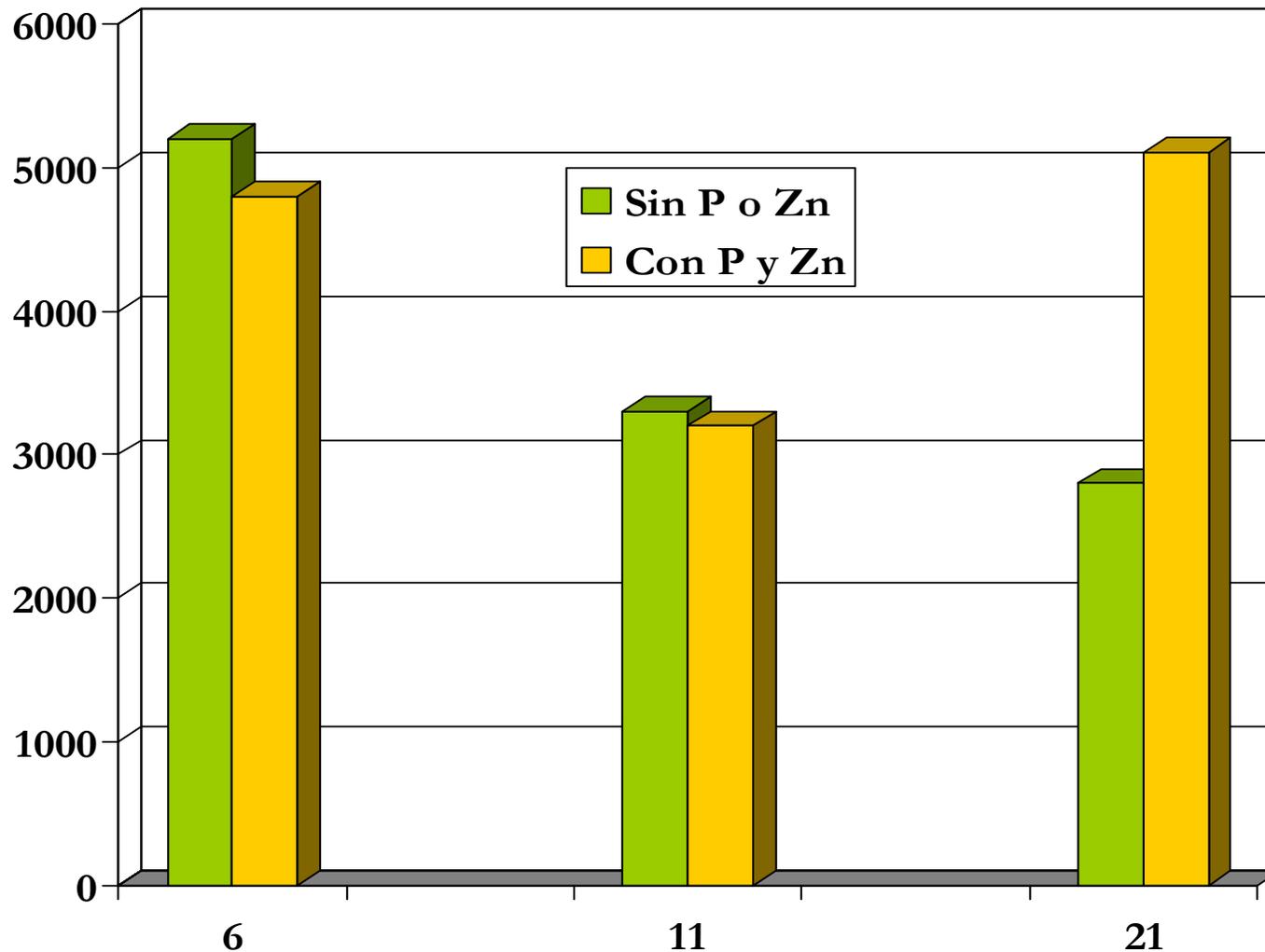
# Efecto negativo de barbecho en los hongos micorriza

Reducción de esporas en el suelo y colonización de maíz después de un barbecho prolongado

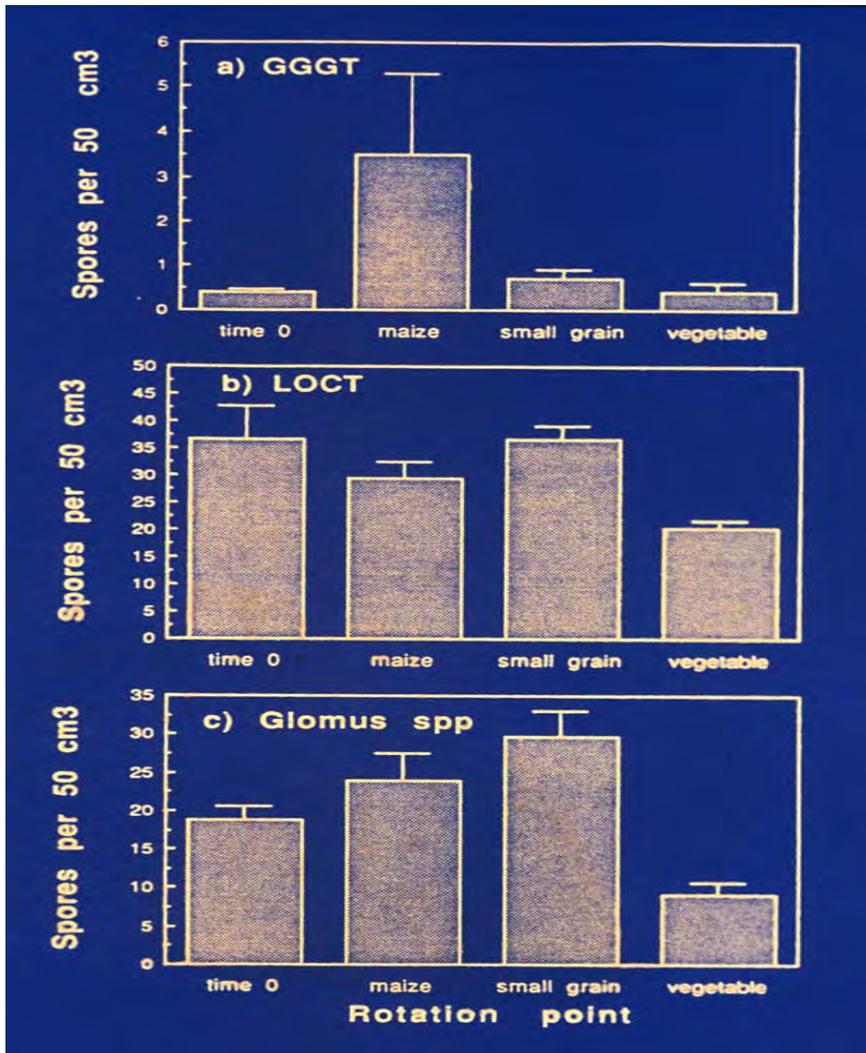


# El efecto negativo de reducción de los hongos micorriza sobre el rendimiento de Maíz

---

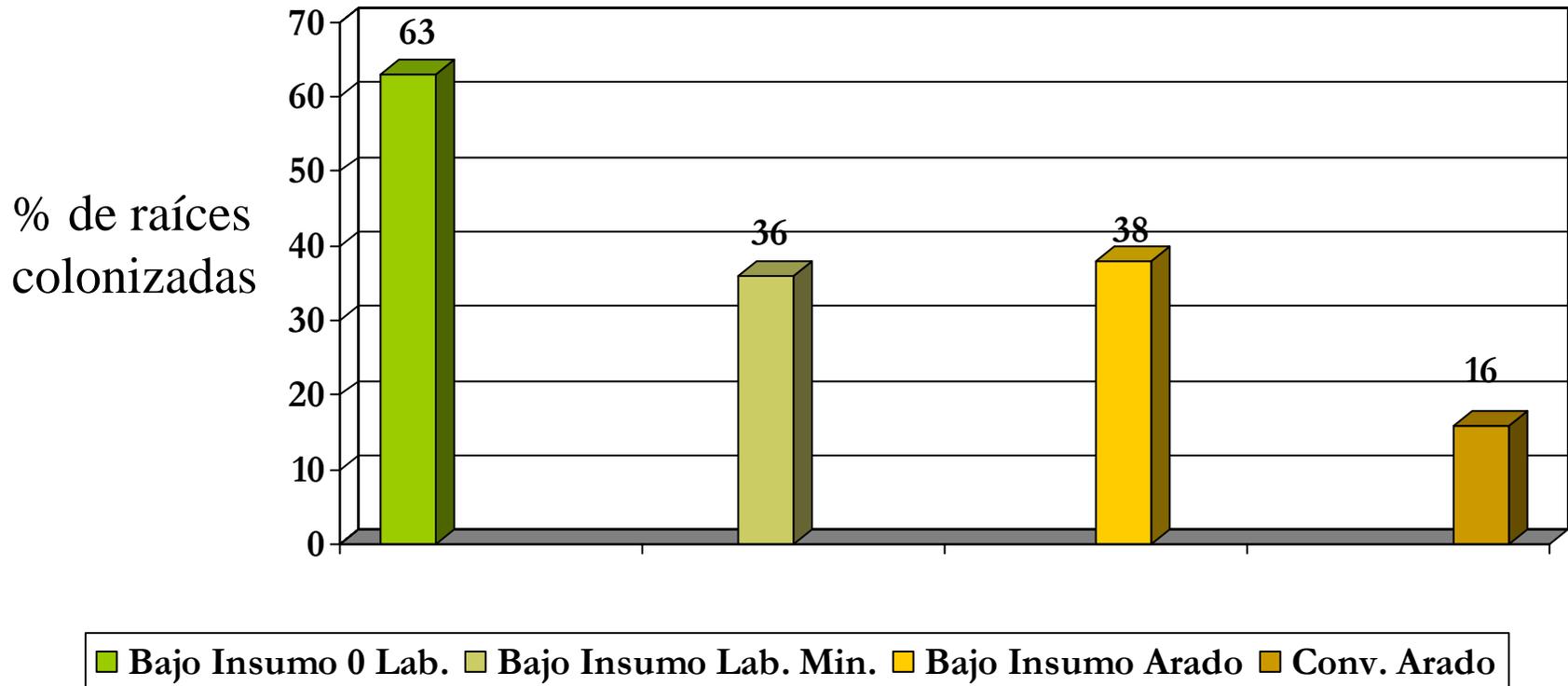


# 4. La rotación de cultivos



- Los hongos MA no son específicos de plantas pero hay algunos que son más prolíficos en una u otra especie de planta
- Un hongo MA que prevalece en un cultivo puede o no puede ser el hongo más favorable al próximo cultivo
- Hay información que apoya un posible papel de hongos de MA en el deterioro de rendimiento en algunos monocultivos continuos sin rotación

## 5. La labranza del suelo puede afectar los hongos micorriza en *Vicia villosa*



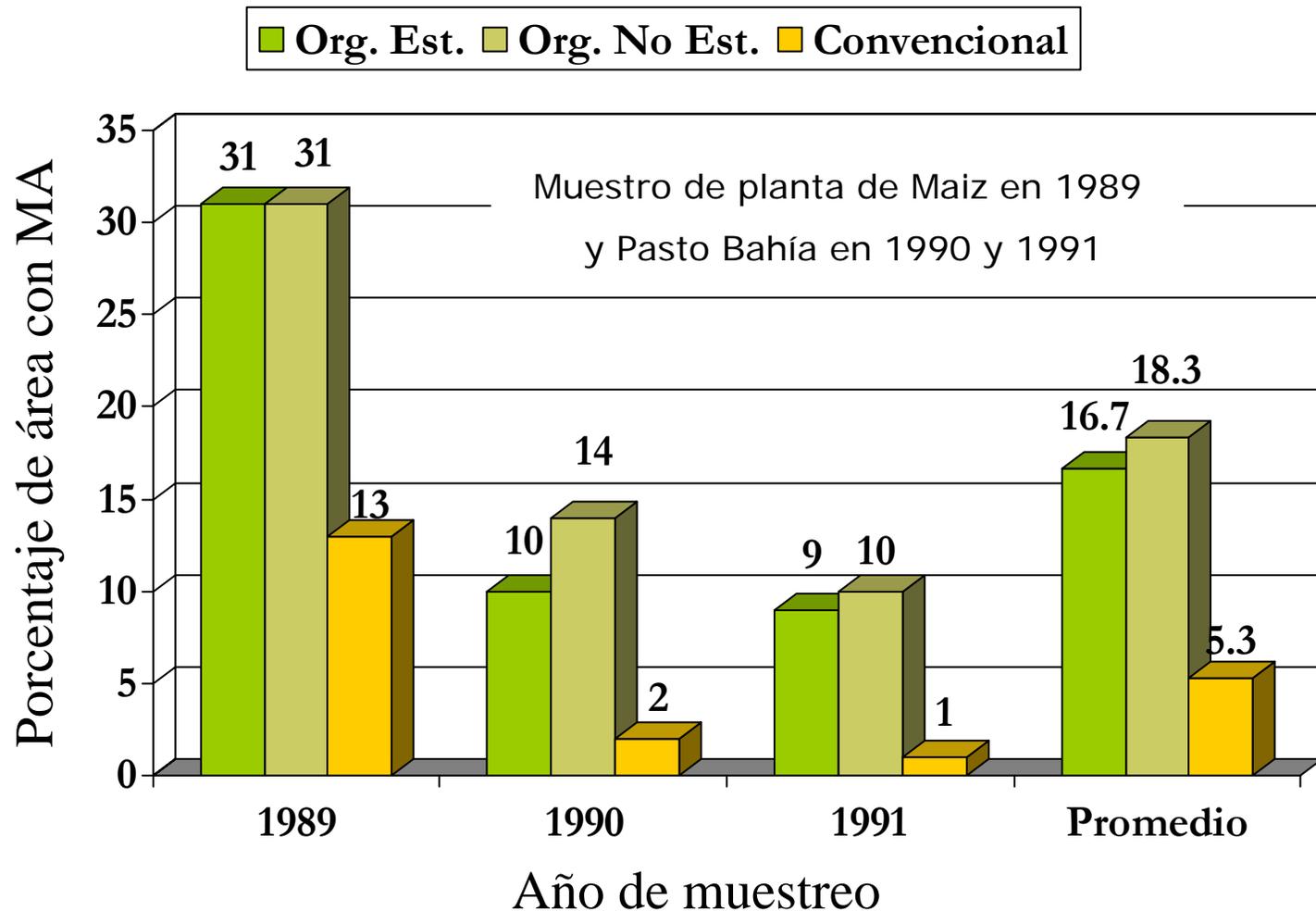
- La labranza y uso de los agroquímicos interfieren con los hongos micorriza reduciendo su número y la habilidad de propagarse en el suelo

# 6. Los sistemas agrícolas afectan a los hongos micorriza

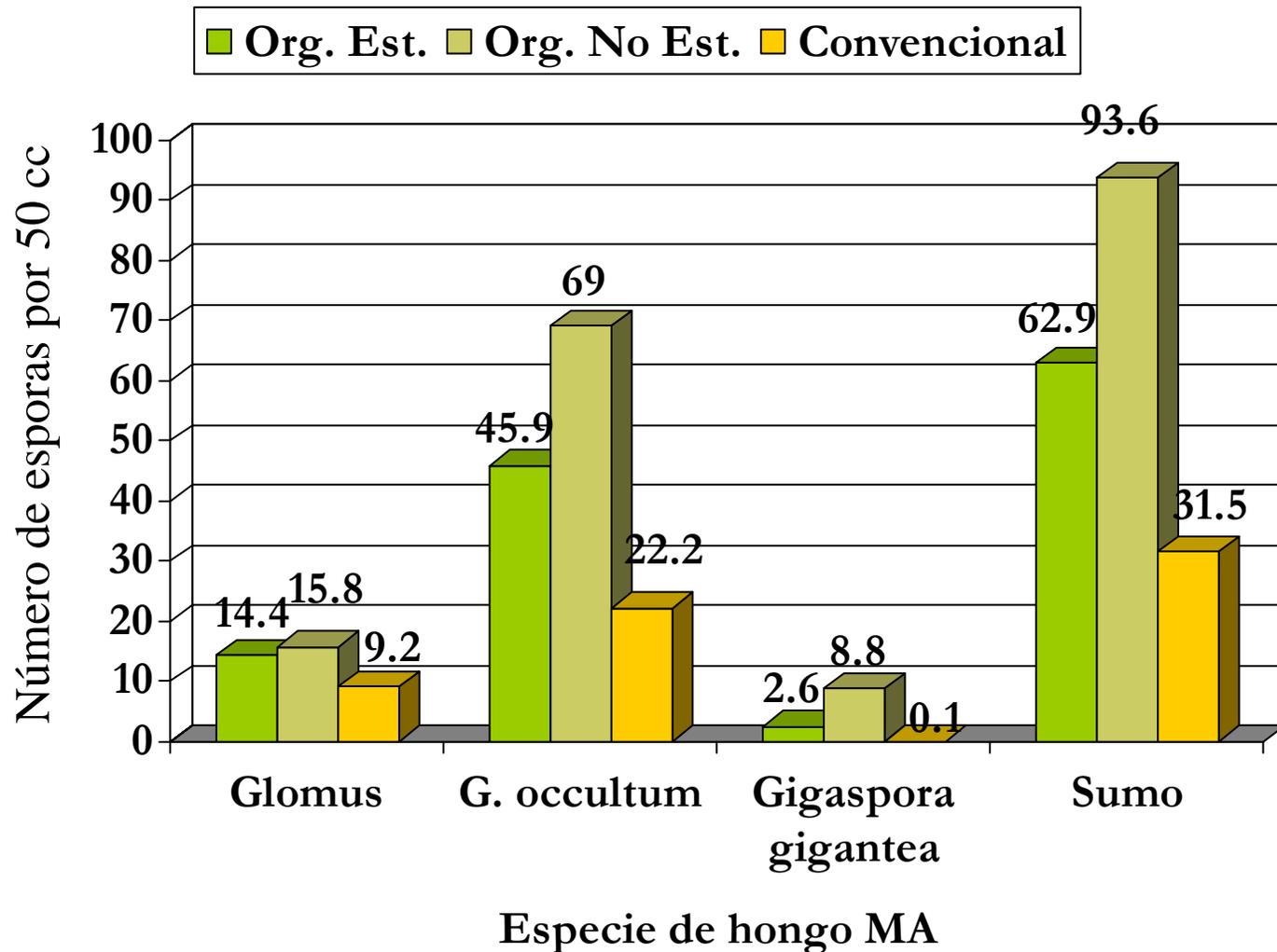
## □ Ensayo de Sistema de Agricultura Rodale®

		Year/Entry Point																					
Farming System		1				2				3				4				5					
		Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter		
<b>Low Input with Animals</b>																							
Nitrogen Fertility: Manure		Corn Silage		Wheat				Red Clover/Alfalfa				Corn Grain				Soybeans							
<b>Low Input Cash Grain</b>																							
Nitrogen Fertility: Legume Green Manure Crops		Barley		Wheat				Red Clover/Alfalfa				Corn				Soybeans				Red Clover			
		Soybeans		Red Clover/Alfalfa				Barley				Oats											
<b>Conventional Cash Grain</b>																							
Nitrogen Fertility: Penn State University Recommendations		Corn		Corn				Soybeans				Corn				Soybeans							

# Los suelos bajo manejo y rotación orgánica tienen mayor actividad de hongos micorriza

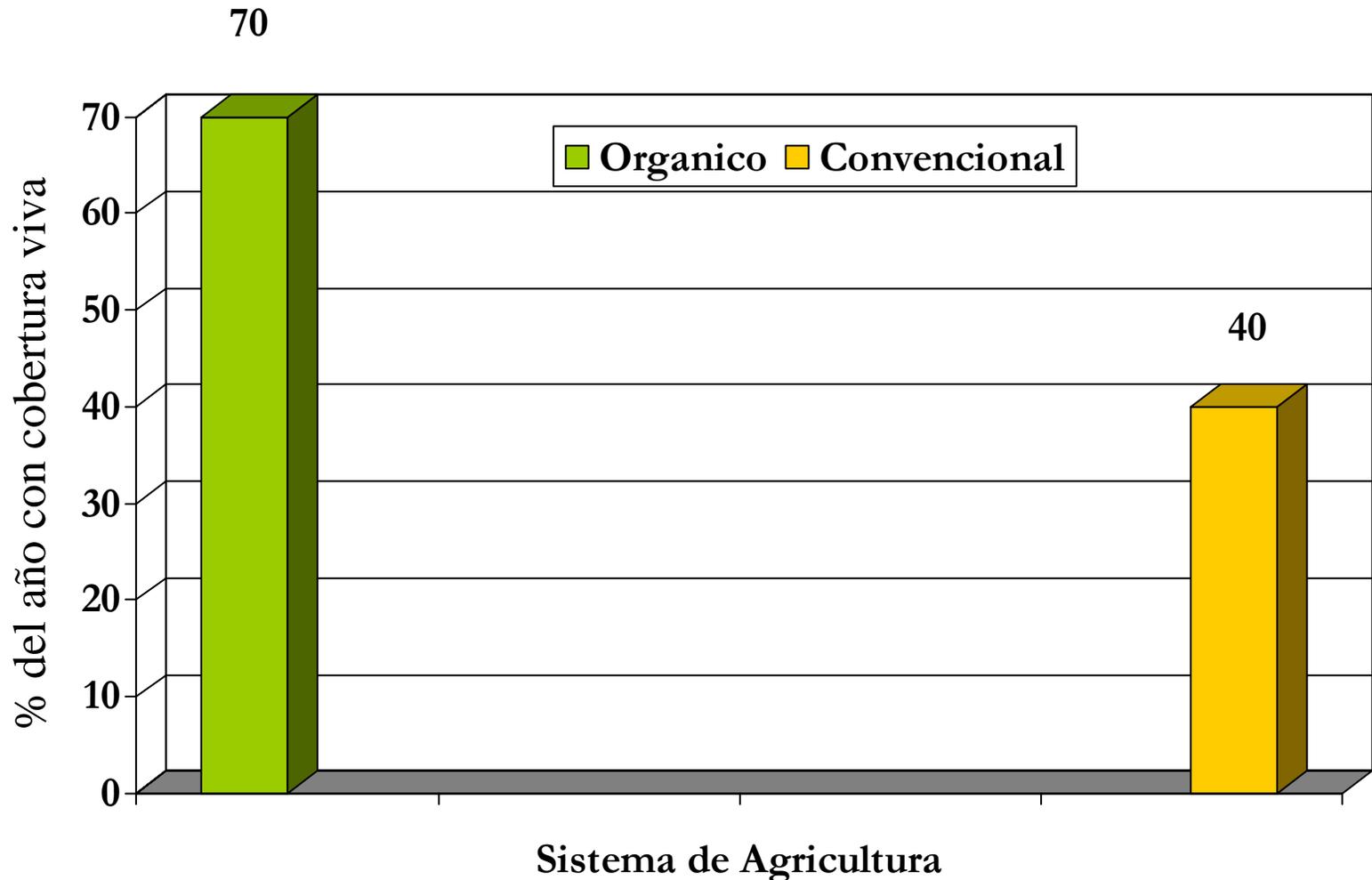


# Poblaciones de esporangiosporas en el suelo en sistemas orgánicos y convencionales 1989-1993



# Período del año cuando hay cobertura de plantas verdes en los sistemas orgánicos y convencionales

---



# Las opciones para inocular con los hongos de MA

---

Inóculo comercial está disponible pero tiene un precio alto

Se puede producir su propio inóculo

Primeros beneficiarios:

agricultores de hortalizas que producen sus propias almácigas

# La producción de inóculo de hongos de micorriza en la chacra

---

## Materiales

Compost

Vermiculita

Macetas o bolsas para crecer

## Plántulas de Transplante:

Semillas desinfectadas de Pasto Bahía (*Paspalum notatum*)  
expuesto a las esporangiosporas de hongos Micorriza

Desmalezar y dar agua para la época de crecimiento

Cosechar el material de raíces remanentes, mezcla con esporas y micelio para inóculo

# Ventajas del sistema de producción de inóculo

---

- ❑ Se evita en gran medida la introducción de patógenos
  - El Pasto Bahía no comparte muchos patógenos con las hortalizas
  - El compost es supresivo a muchos patógenos del suelo
  - Se utilizan técnicas limpias
- ❑ Y se evita la introducción de malezas
  - Elimina competencia de malezas y posibles contaminaciones
  - El Pasto Bahía no sobrevive las bajas temperaturas de invierno
- ❑ Se puede utilizar para preservar la diversidad funcional de los hongos micorriza ya adaptados a su ambiente de chacra

# La bolsa plástica es barata y efectiva

---



## Diferentes composiciones de compost utilizado para prueba de sistemas para propagar hongos MA en la chacra

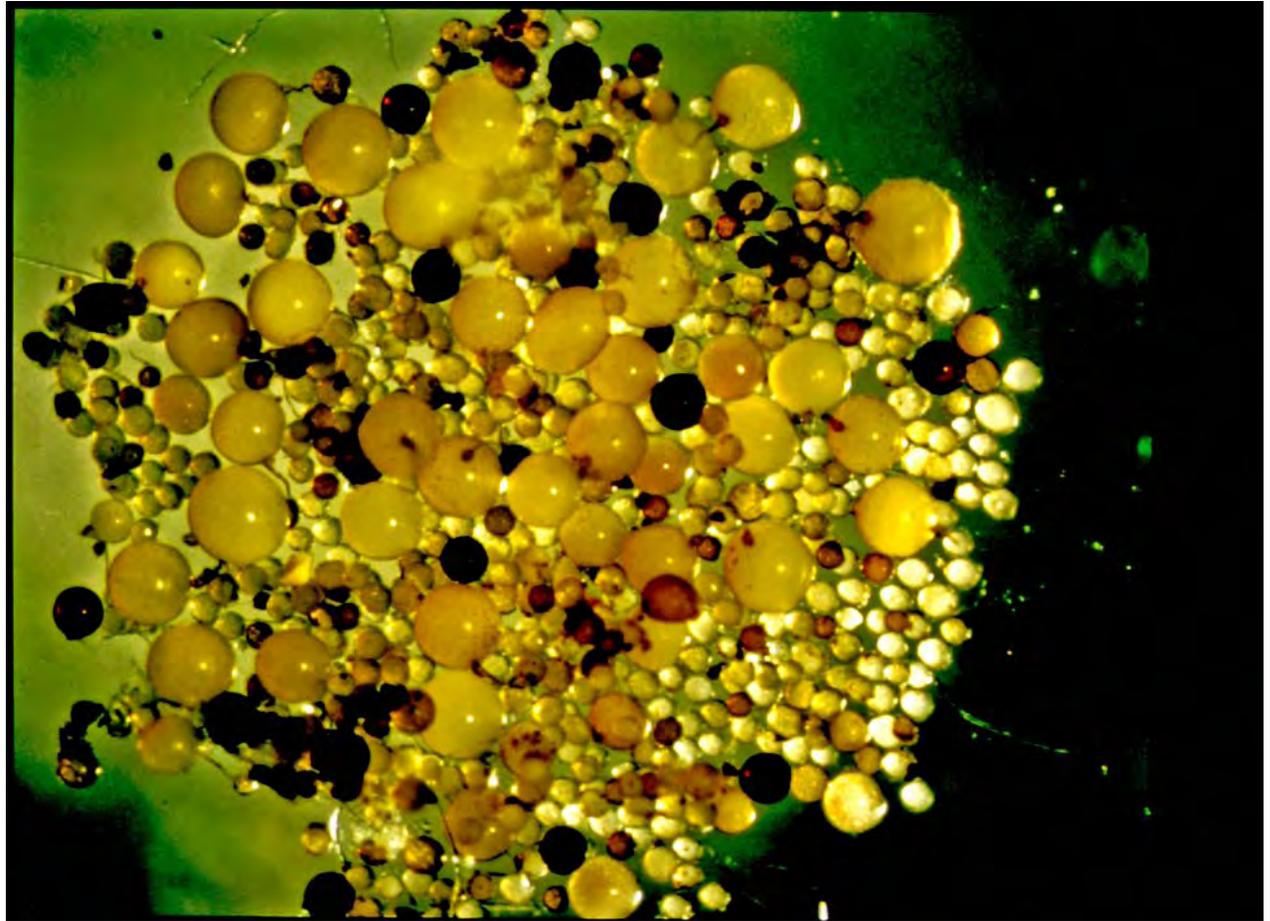
---

Criterios	Recortes de jardín	Estiércol y hojas	Bio Dinámica
Acidez (pH)	7.7	8.0	8.1
N Total (%)	2.0	2.1	1.3
P Total (%)	0.6	1.1	2.4
C:N	13:1	16:1	9:1
N:P	3.3:1	2.0:1	0.5:1

# Partes infectivas de hongos micorriza

---

- Esporas
- Hifas
- Raíces colonizadas



Porcentaje del largo de las raíces de Pasto Bahía colonizadas por hongo MA producido en mezcla de vermiculita y compost [4:1 v/v])

---

Hongo MA	Semanas de Crecimiento		
	6	12	29
<i>Glomus</i>			
<i>Mossea</i>	51	74	68
<i>G. etunicatum</i>	11	79	81
<i>G. geosporum</i>	16	78	89

# Producción de esporas de los hongos MA en mezcla de vermiculita y compost 4:1 [v/v]

Resultados por bio ensayo de número más probable.

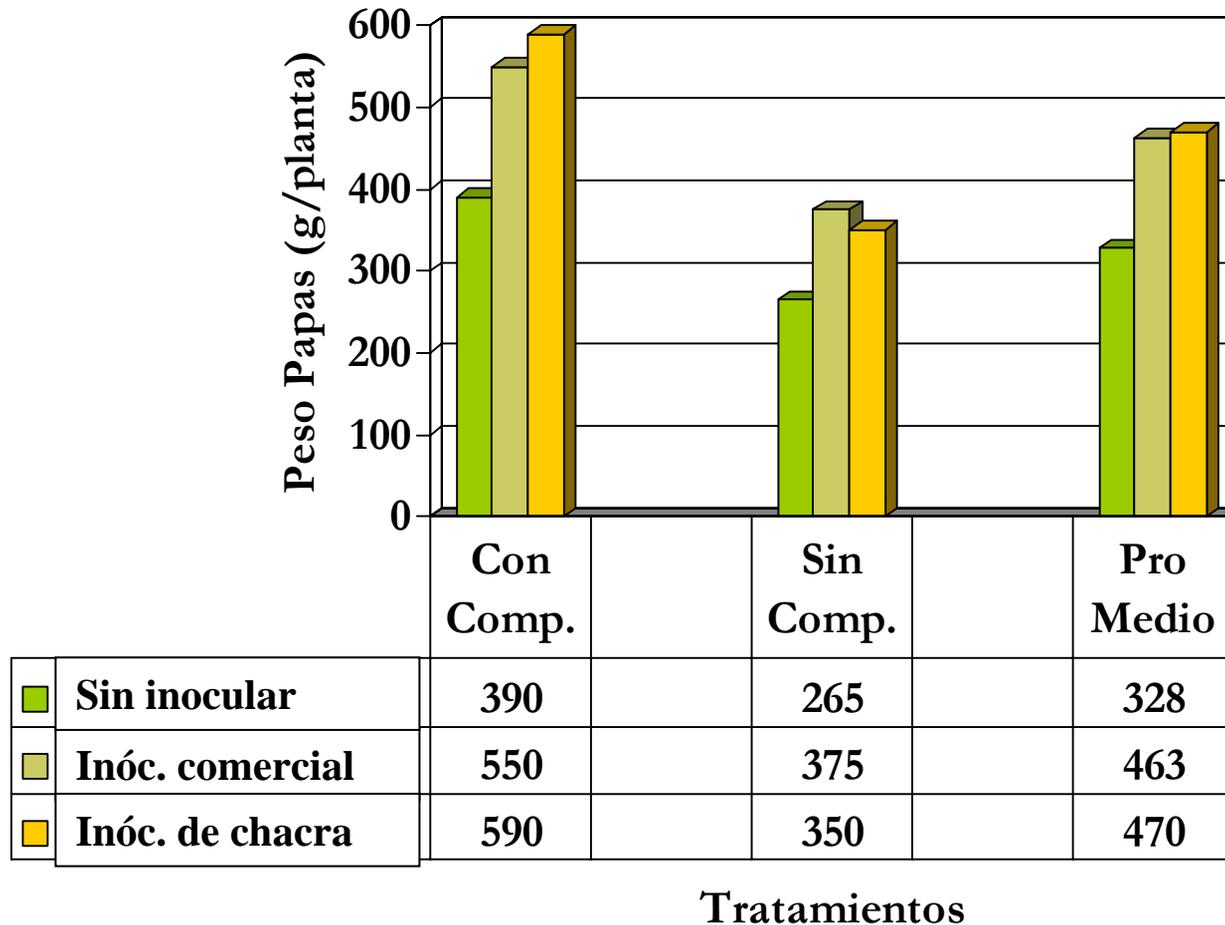
---

Hongo MA Inoculado	Número de Esporas cm <sup>-3</sup> por maceta (x10 <sup>6</sup> )	
<i>Glomus mosseae</i>	120	13.5
<i>G. etunicatum</i>	750	84.4
<i>G. geosporum</i>	120	13.5
<i>G. claroidem</i>	365	41.1

---

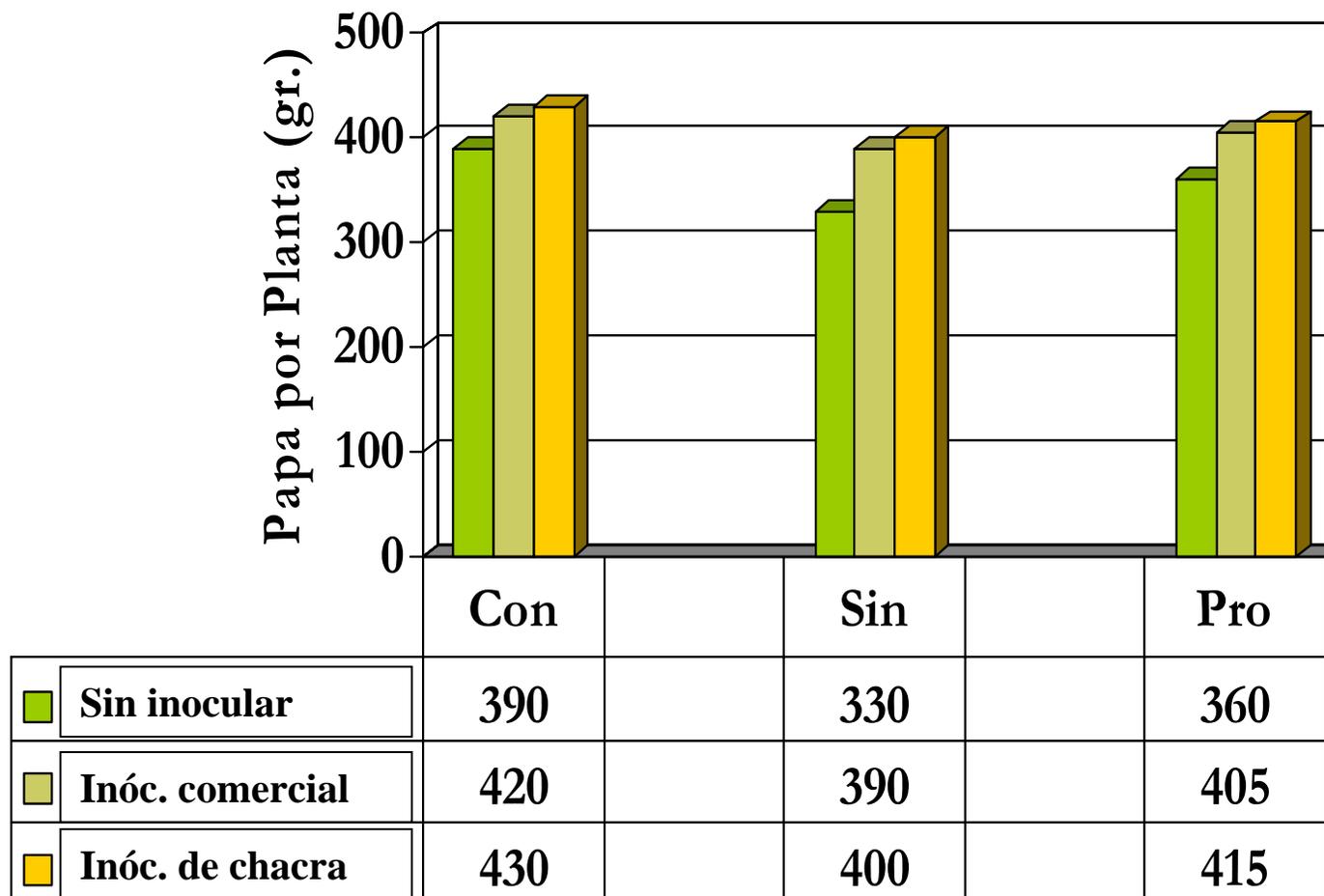
**¿Es efectivo inocular?**

# Respuesta a inoculación y compost en papa en año de sequía 2002



Un aumento por inocular de más del 40%

# Respuesta a inocular con hongos MA con y sin compost como agregado en papa en año de sequía 2003



**Tratamientos**

Un aumento del 15% por inocular

# Frutilla cultivar Chandler en año de sequía 2005

---

Rendimiento en kilos por 10 plantas

Inoculados	No Inoc.	Repuesta (%)
5.50 ± 0.15	4.71 ± 0.32	17

Shenk's Berry Farm, Lititz, PA 2005

# Las papas en año de sequía 2005

---

## Rendimiento (kilos por 4m surco)

Cultivar	Inoculado	No Inoculado	Resp. (%)
Red Norland	6.1 ± 0.5	4.9 ± 0.2	24
Red Gold	9.5 ± 0.3	8.5 ± 0.2	12
Blue	6.0 ± 0.2	5.4 ± 0.7	12
Yukon Gold	4.9 ± 0.3	5.0 ± 0.4	-0.9

Somerton Tanks Farm, Philadelphia, PA 2005

# Experimentos en ejecución

---

- Modificación del sistema de producción en la chacra
- Papel de hongos MA en la habilidad de los suelos de acumular carbono
- Eliminación de los hongos MA por barbecho prolongado

# Experimento de Barbecho

---



- ❑ Producir áreas libres de hongos micorriza para estudiar más a fondo el funcionamiento bajo condiciones de campo (no de maceta).
- ❑ Evitar la práctica de eliminar micorriza por aplicaciones químicas con efectos secundarios

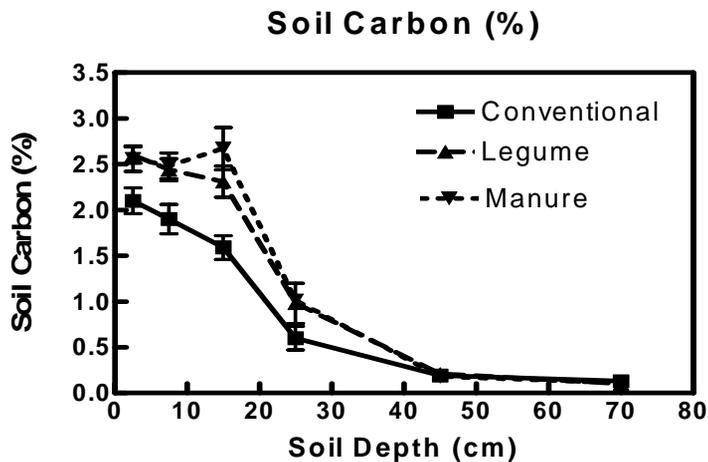
# Papel de la micorriza en la acumulación de carbono en los suelos agrícolas

---

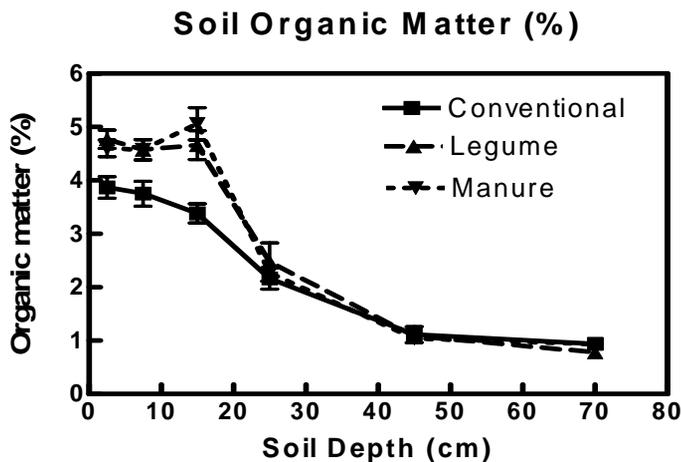
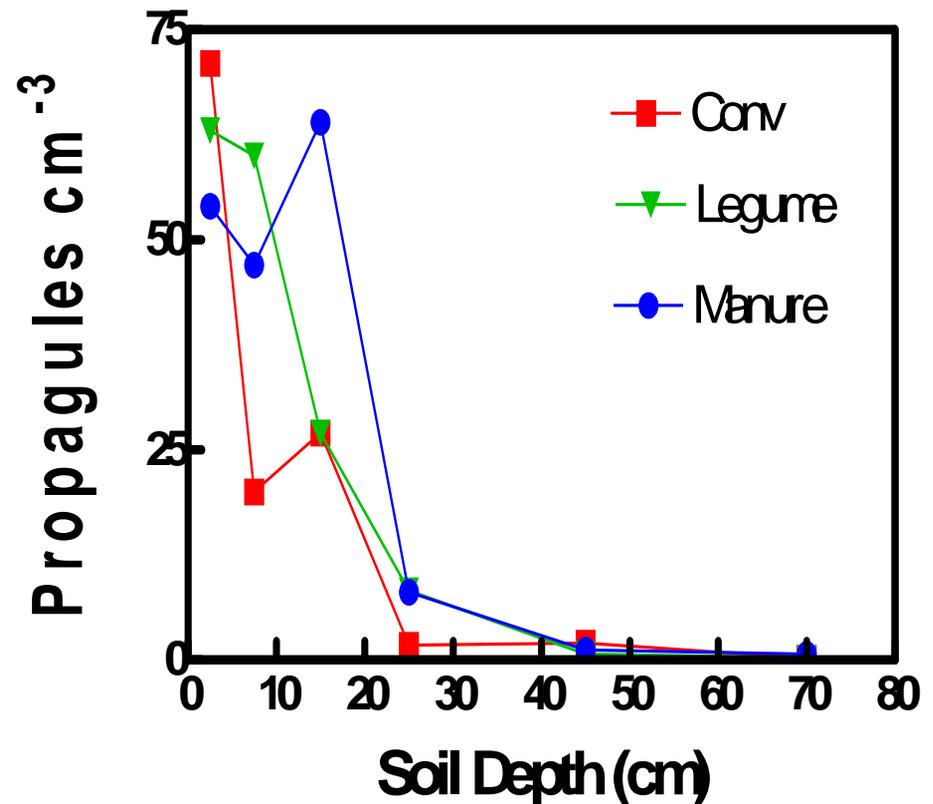
## □ Observaciones:

- En el ensayo Rodale el carbono ha aumentado desde 1.9% en 1981 a 2.6% hoy en día en los sistemas orgánicos. Mientras tanto el sistema convencional no ha incrementado el carbono del suelo durante el mismo periodo.
  - Como hemos enseñado los sistemas orgánicos tienen historia de tener poblaciones de micorriza más abundantes.
  - Los hongos de micorriza tienen la habilidad de producir la glicoproteína glomalina que ha demostrado gran persistencia en el suelo y capacidad de ocupar una fracción significativa de la materia orgánica y carbono total del suelo
- ¿Son los hongos micorriza causantes principales del aumento efectivo en la materia orgánica y carbono en suelos manejados con sistema orgánico?

# Fuerte correlación entre carbono en el suelo, el sistema de producción y los niveles de hongos que forman micorriza

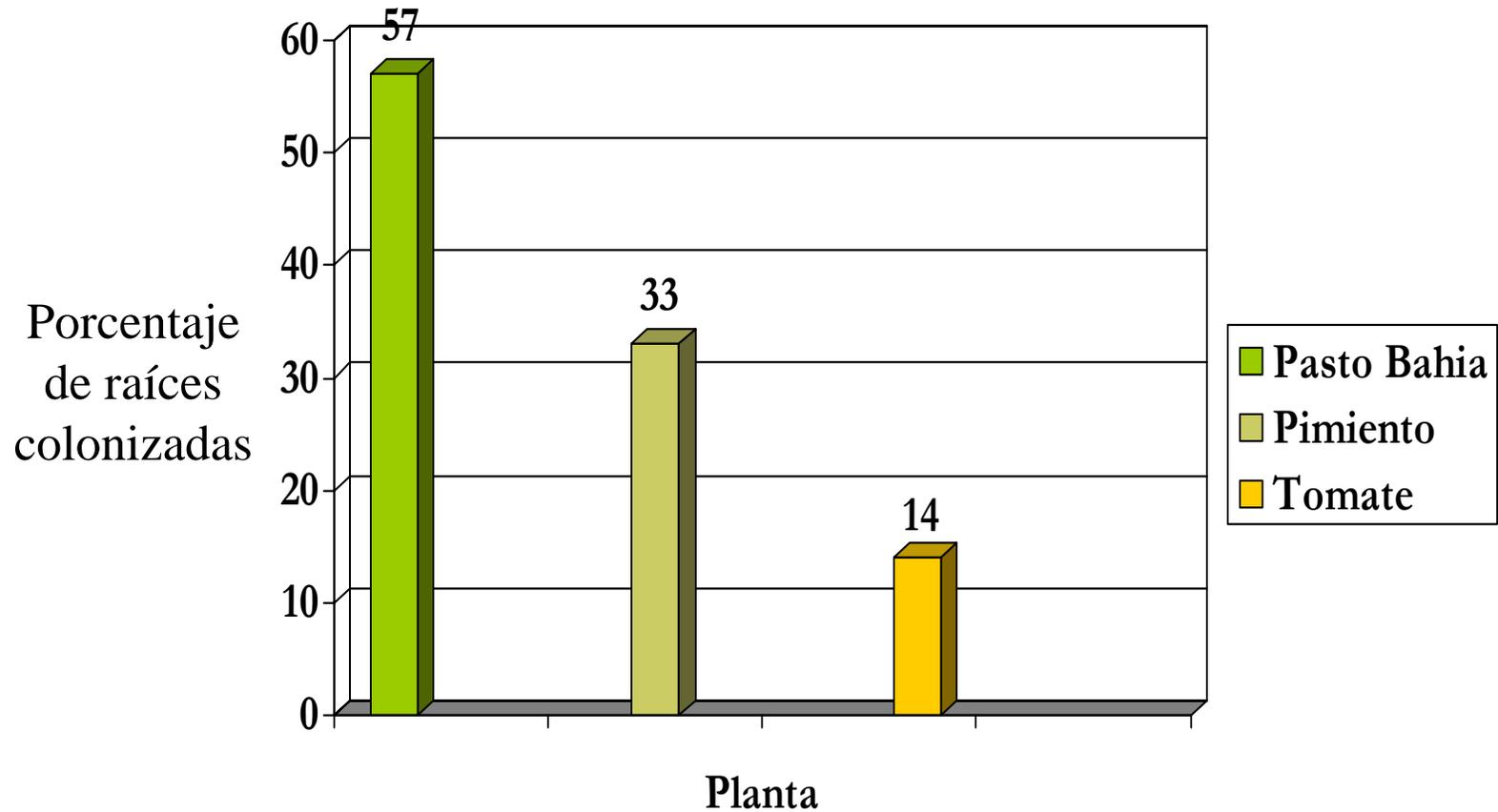


## Results of MPN bioassays, 2006, FST



# Diferencias en las habilidades de diferentes plantas en aceptar la colonización por hongos micorriza

---



# Modificación del sistema de producción de inóculo en la propia chacra

---

- Utilizar suelo de campo natural (imperturbado) para propagar cepas indígenas y adaptadas a la misma chacra
- Uso de diferentes agregados con adaptación a aplicaciones comerciales