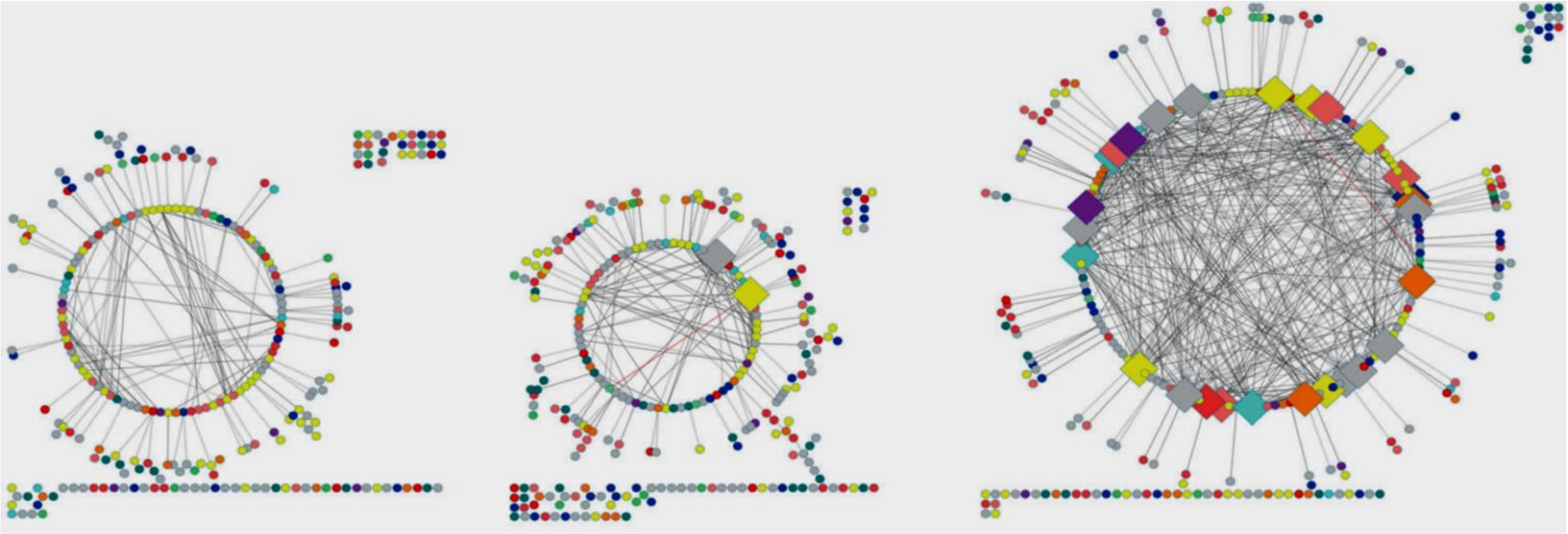
Symborg

NATURAL
GROWTH

Modelo integral microbiano (MIM) en cultivos hortícolas y cereales en suelos salinos y con escasez hídrica

Félix Fernández
Head of Technology Vigilance and Competitive Intelligence at Symborg

Interacciones microbianas según la intensidad de agricultura



Conventional

Nodes: 261 Avg Neigh: 315
Edges: 2.414 Clust Coeff: 0.079

No-till

Nodes: 267 Avg Neigh: 341
Edges: 2.554 Clust Coeff: 0.079

Organic

Nodes: 301 Avg Neigh: 643
Edges: 4.272 Clust Coeff: 0.120

- Tremelleales
- Mortierellales
- Paraglomerales
- Cantharelleles
- Diversisporales
- Agaricales
- Hypocreales
- Helotiales
- Pleosporales
- Sordariales
- Glomerales
- Unidentified

Banerjee et al, 2018. Agricultural intensification reduces microbial network complexity and the abundance of keystone taxa in roots. ISME Journal.

Agricultura convencional (sistema de monocultivo) .

1er efecto: Ruptura del equilibrio microbiano del suelo

MENOS

- Retorno de materia orgánica y nutrientes
- Diversidad microbiana
- Microorganismos beneficiosos

MÁS

+ Ruptura de equilibrio biológico

+ Microorganismos oportunistas y patógenos

Reducción de las **interacciones entre los microorganismos beneficiosos y la planta**

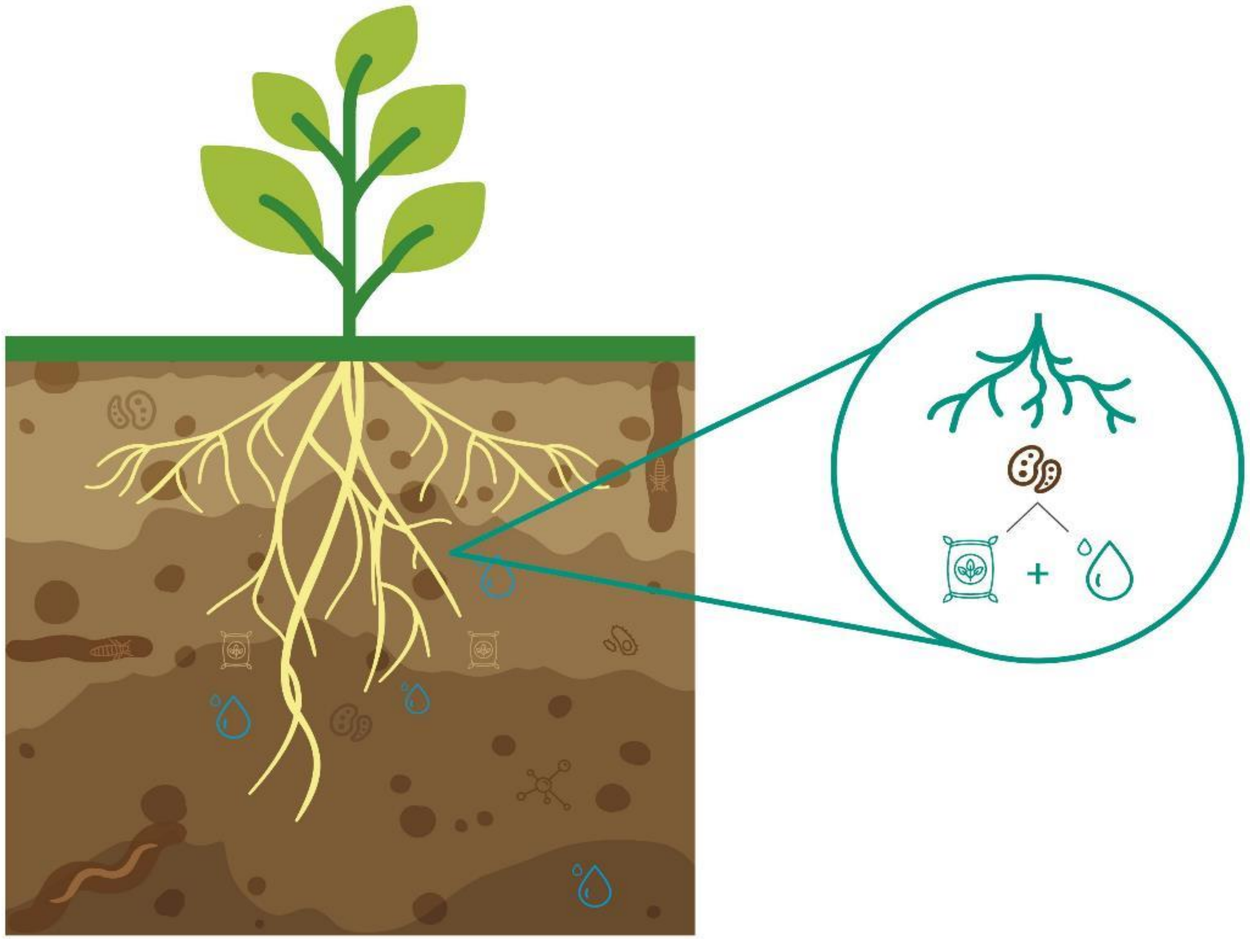
Agricultura convencional (Intensiva)

2do Efecto: Incremento de Nutrición Mineral

AUMENTO DE **FERTILIZACIÓN Y USO DE QUÍMICOS** PARA MANTENER Y AUMENTAR LOS RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS

Agricultura convencional (Intensiva)

Existe la necesidad de aumentar las interacciones planta – rizosfera; ¿Como lo hacemos eficientemente?.



DESDE LA **SEMILLA**
Y TRABAJANDO EN EL
DESARROLLO DEL
CULTIVO

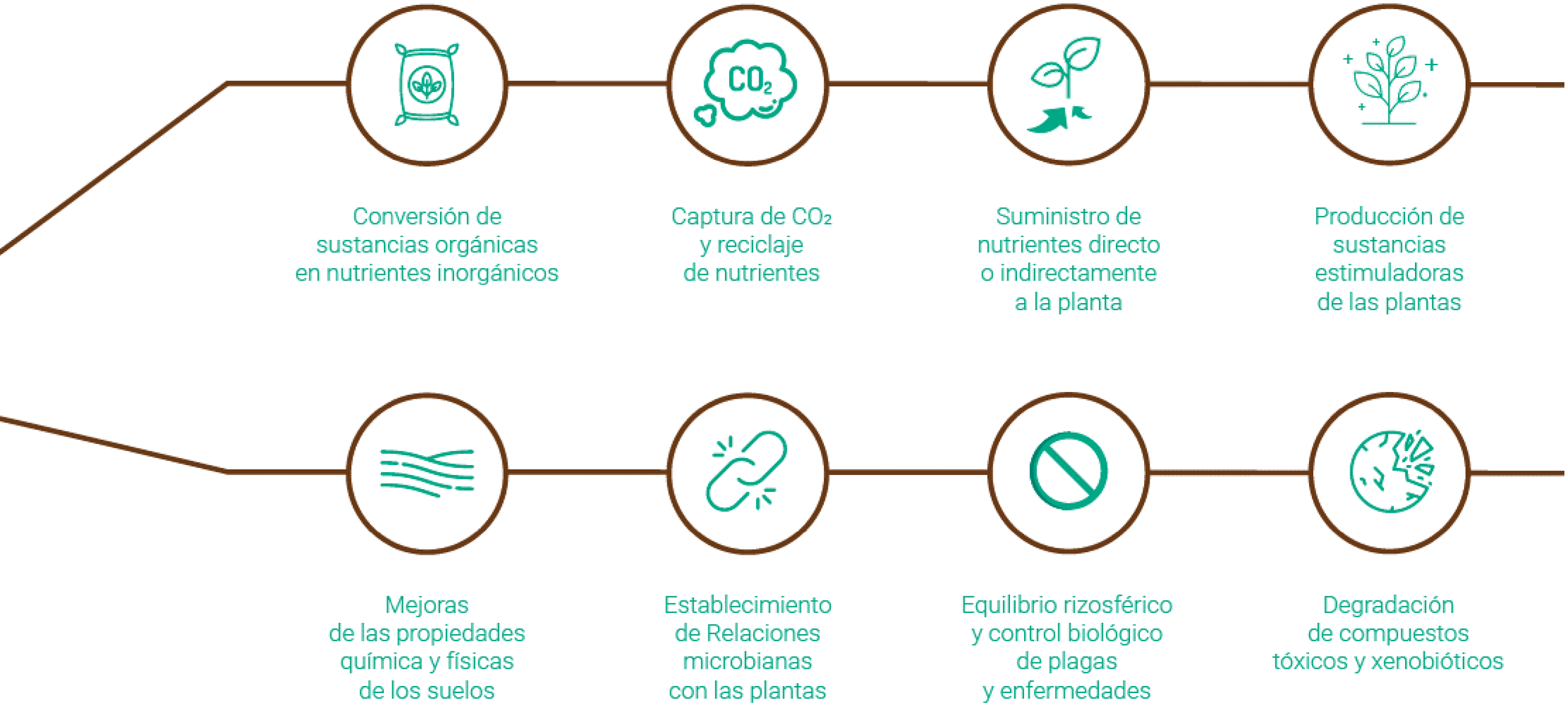
¿Cuál es la función general de la rizosfera?

Proveer a la planta de un microambiente en el cuál se establezcan interacciones planta-suelo-microorganismos que afecten positivamente al crecimiento vegetal.

¿De que depende su eficacia?

De la disposición, intensidad, concentración y características de sus componentes bióticos y abióticos

Principales funciones microbianas en la rizosfera



¿ La biodiversidad es sinónimo de eficiencia?

Manejo de un microbioma equilibrado

Enriquecer la microflora del suelo

Incorporar microorganismos beneficiosos y eficaces que son física y ecológicamente compatibles entre ellos y combinarlos.

Mejorar el suelo

Mejorar y mantener las propiedades químicas y microbiológicas del suelo

Equilibrio microbiano

Conseguir y mantener un equilibrio microbiano óptimo en el suelo

Manejo Integral microbiano (MIM)

01

Inoculación de cepa de HMA selectiva y efectiva

02

Suministro efectivo de nutrientes y agua

03

Entrada selectiva y secuencial de **microbioma selectivo**

- MOS Asociativos
- MOS Vida Libre
- MOS Biocontroles

04

Buenas prácticas agronómicas

MIM Symborg

MODELO BASADO EN LA **BIOTIZACIÓN RIZOSFÉRICA**

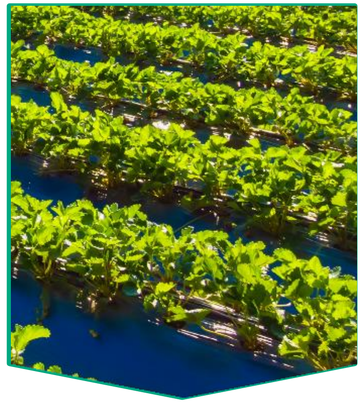
Teniendo en cuenta:
1) La forma en que interactúan los microorganismos
2) La eficiencia de un sistema agrícola

Inoculación de cepa de HMA selectiva y efectiva

Suministro efectivo de **nutrientes y agua**

Entrada selectiva y secuencial de **microbioma selectivo**

Buenas prácticas agronómicas



Zona rizosférica equilibrada con las distintas funciones necesarias al desarrollo vegetal óptimo

Beneficios

- Incrementos en la **nutrición vegetal**
- **Incrementos productivos**
- **Equilibrio microbiano**
- **Tolerancia a estrés** bióticos y abiótico
- **Cultivos rentables y sostenibles**

HONGOS FORMADORES DE MICORRIZAS

Glomus iranicum var tenuihypharum

HMA, Bioestimulante universal desde la siembra

Patentado Symborg Exclusivo

La primera y única especie de Hongo Formador de Micorrizas depositada para patentes bajo el Tratado de Budapest.

PCT (2) : Glomus iranicum var. tenuihypharum var. nov. strain and its use as:
Biostimulant (WO2015/000612).
Bionematicide (WO2015/000613).

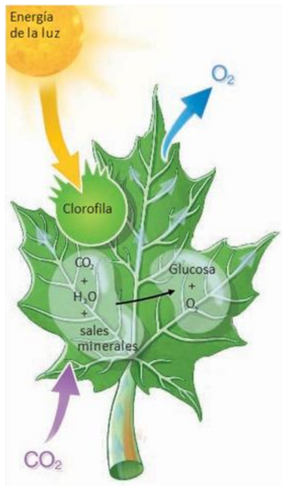
Caracteristicas de *Glomus iranicum var tenuihypharum*

Producción abundante de micelio extramátrico

Esporulación externa de la raíz

Tolerancia a elevadas concentraciones de fertilizantes

Intercambio nutricional en la simbiosis micorrizica

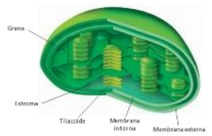


Esquema sencillo de la fotosíntesis.

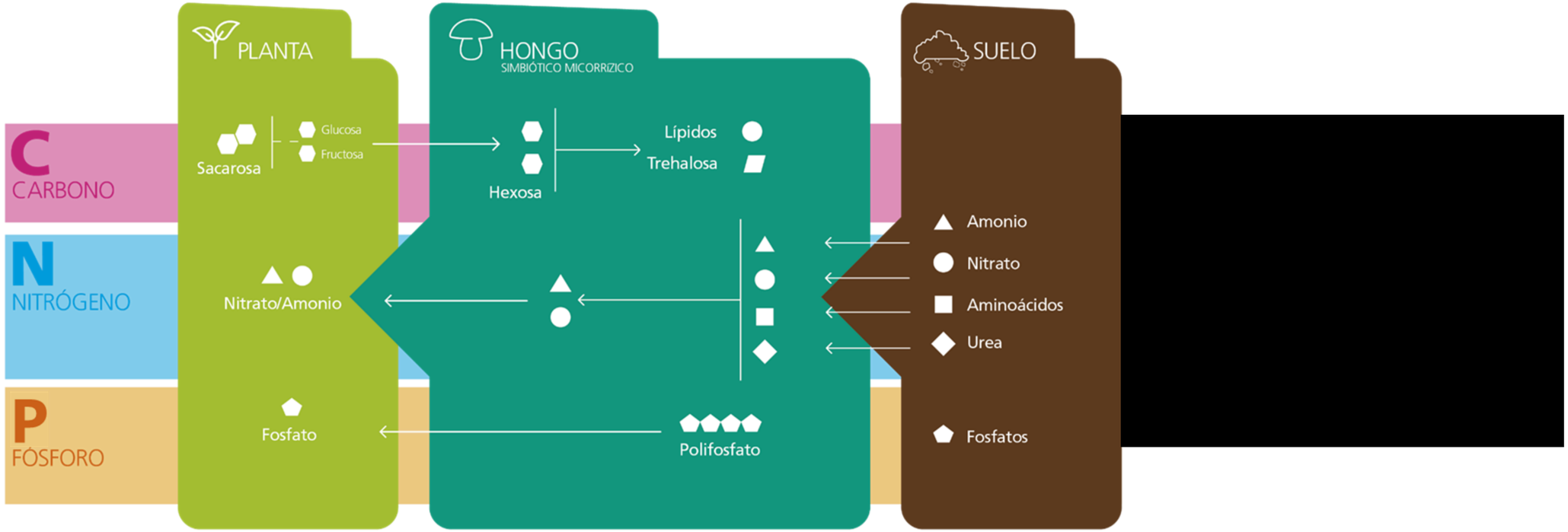
Definición

La **Fotosíntesis** es un proceso anabólico cuya función es convertir la energía luminosa en energía química, que se emplea para sintetizar moléculas orgánicas a partir de compuestos inorgánicos. Como subproducto, se desprende oxígeno.

Cloroplasto

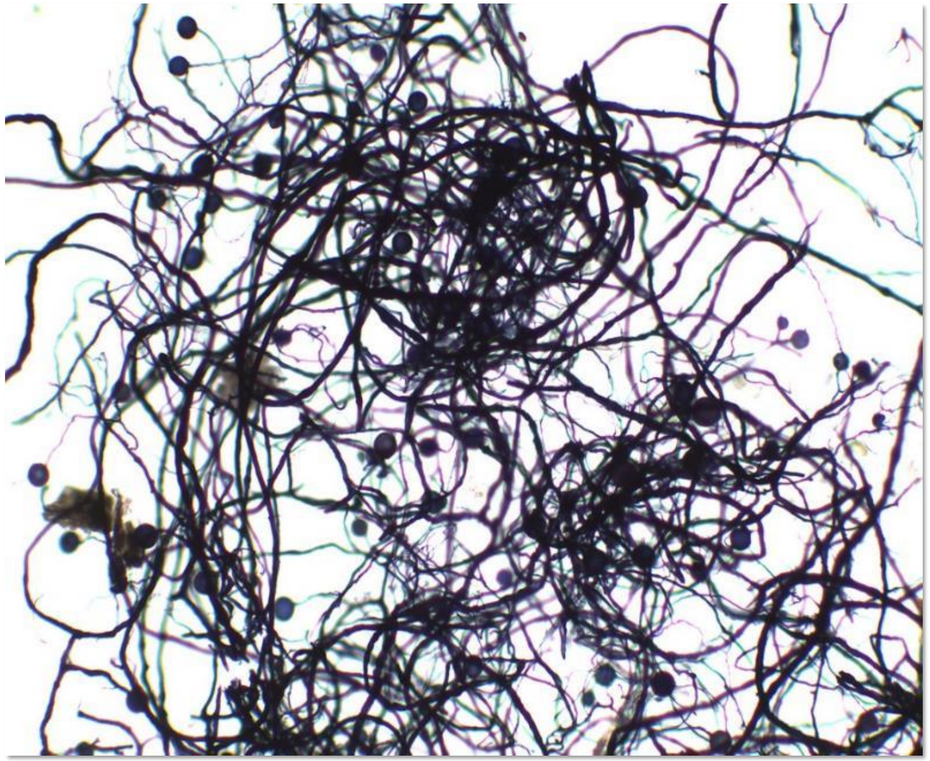


*Esquema de un cloroplasto. Los cloroplastos, los orgánulos donde tiene lugar la fotosíntesis, están rodeados por una doble membrana que delimita un espacio, el estroma, donde se encuentran los tilacoides, unas estructuras membranosas con forma de sacos aplanados. La fase luminosa de la fotosíntesis se produce en la membrana de los tilacoides, lugar donde se encuentra el **aparato fotosintetizador** formado por los fotosistemas (entramas que contienen los pigmentos fotosintéticos, entre los que destaca la clorofila), la cadena transportadora de electrones y las enzimas ATP sintetasas. La fase oscura ocurre en el estroma.*



Transporte de nutrientes en red de micelio de *Glomus iranicum var tenuihypharum*

ABUNDANTE DESARROLLO DEL MICELIO EXTRAMÁTRICO



Producción de micelio extramátrico de *Glomus iranicum var tenuihypharum*

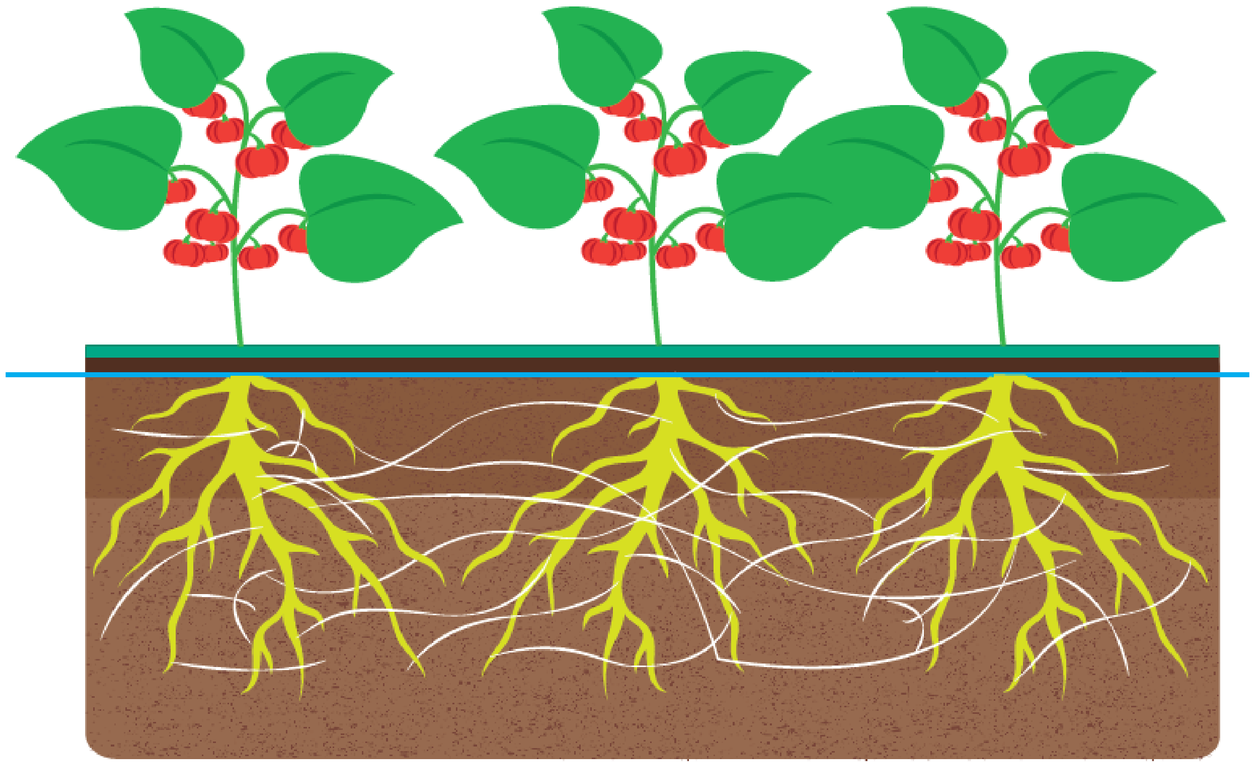
La simbiosis planta - Glomus iranicum var tenuihypharum var nova, promueve una intensa red de **micelio extramátrico** estimulada por la elevada disponibilidad de nutrientes y agua en la solución del suelo

[redacted]

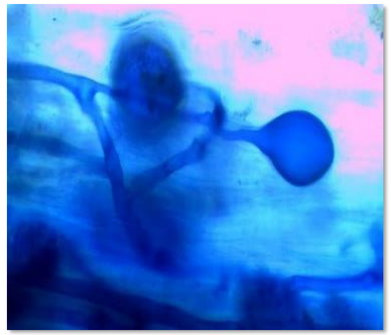
Species	Extramatrical Mycelium ($mg.Kg^{-1}$ soil)	Glomaline ($mg.g^{-1}$ soil)
G.i. var tenuihypharum	850.2 ± 19.9 a	467.2 ± 3.7 a
Rhizophagus irregularis	232.3 ± 13.6 b	323.1 ± 3.4 b
Funneliformis mosseae	143.4 ± 17.8 c	133.0 ± 2.1 c
ES x	10.23***	6.4***

Diseminación y formación de la colonia micorrizica de *Glomus iranicum var tenuihypharum*

- **Aparición de un flujo equilibrado de nutrientes y agua**
- **Homogeneidad de cultivo**



Esporulación de *Glomus iranicum var tenuihypharum*



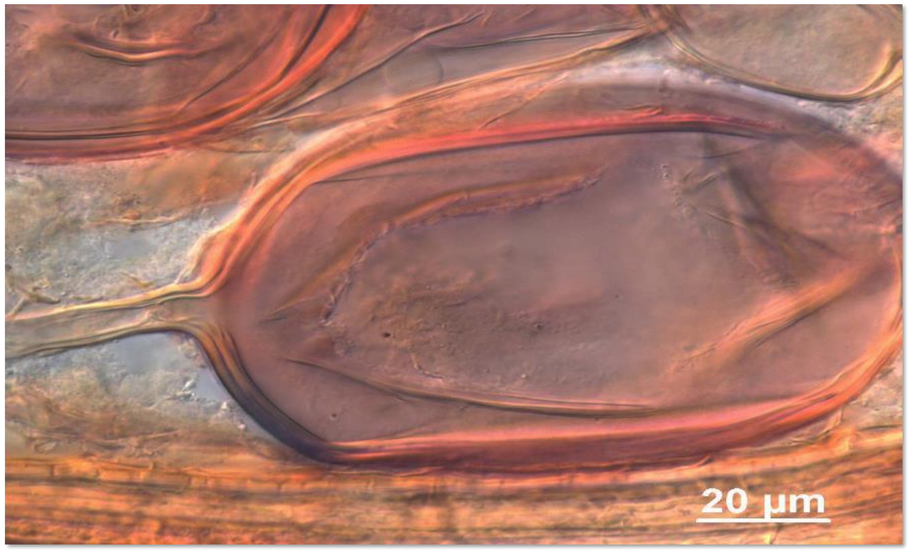
Glomus iranicum var. *tenuihypharum var. nova* **esporula en el exterior de la raíz**:

La esporulación **externa** promueve una **simbiosis mas eficiente** alcanzando **mayores tasas de colonización** a expensas de **menor consumo de carbohidratos**

Por otra parte, no rompe la continuidad radicular.

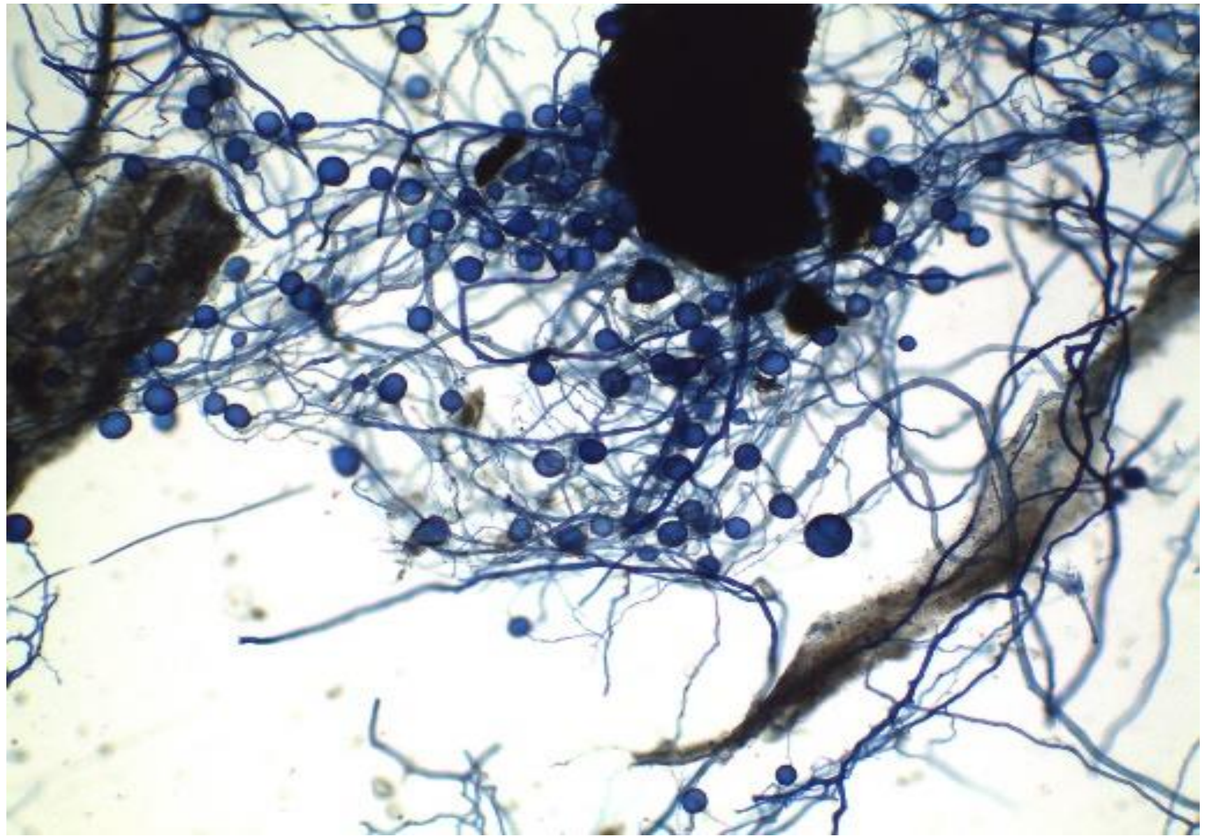
Esporulación de otras especies

Representa un **coste energetico superior al 20 % del Carbono fijado**



Glomus intraradices (Rhizophagus irregularis) **esporulando dentro de la raíz**

Tolerancia a sales de *Glomus iranicum var tenuihypharum*



Glomus iranicum var. tenuihypharum var. nova se integra con los protocolos de fertilización de agricultura intensiva

Trichoderma harzianum:

Cepa T78

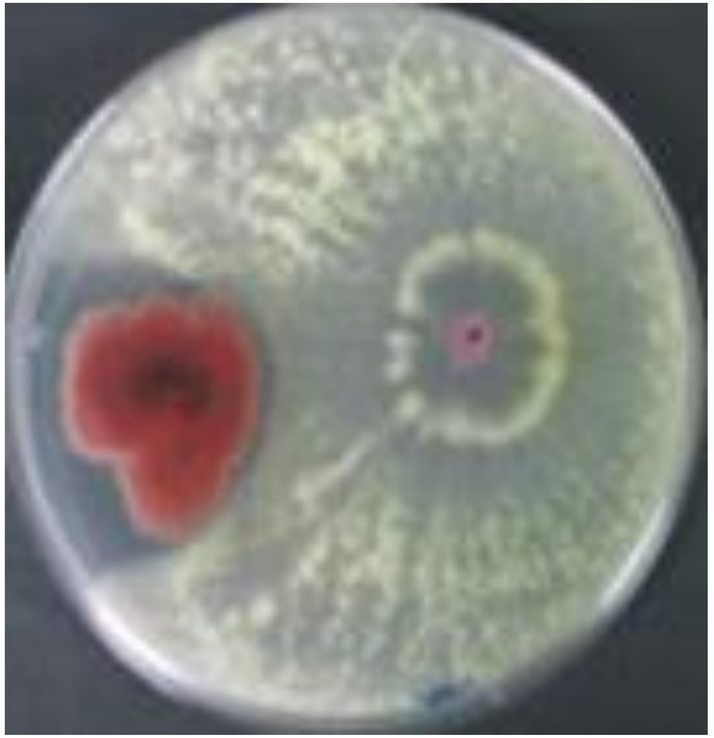
Porque debemos utilizar esta especie

Elevada Supervivencia en condiciones de cultivo

NECESIDAD DE OBTENER UNA CEPA CON **DOBLE CAPACIDAD**

Efectos beneficiosos en el cultivo como Bioestimulante y Control biológico

Mecanismos de Acción.



- **Bioestimulación**
- Competencia por **nutrientes**
- Producción de **antibióticos**
- **Micoparasitismo**
- Reducción de **resistencia adquirida e inducida**

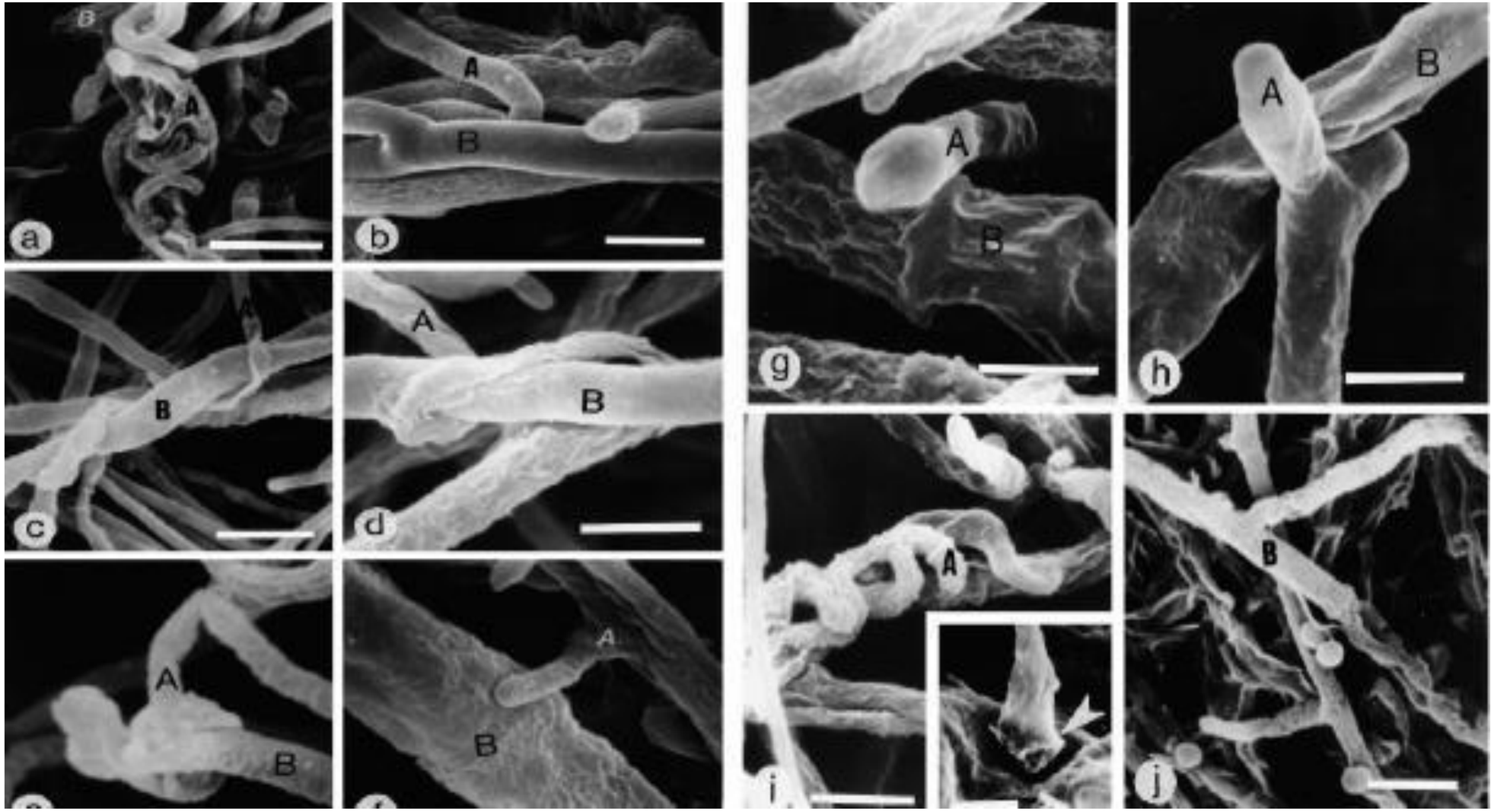
Mecanismos de acción: Bioestimulación

Eficaz **asociacion con la raíz** de la planta y **desarrollo en la rizosfera**

Incidencia positiva en la **actividad fisiológica** de la planta

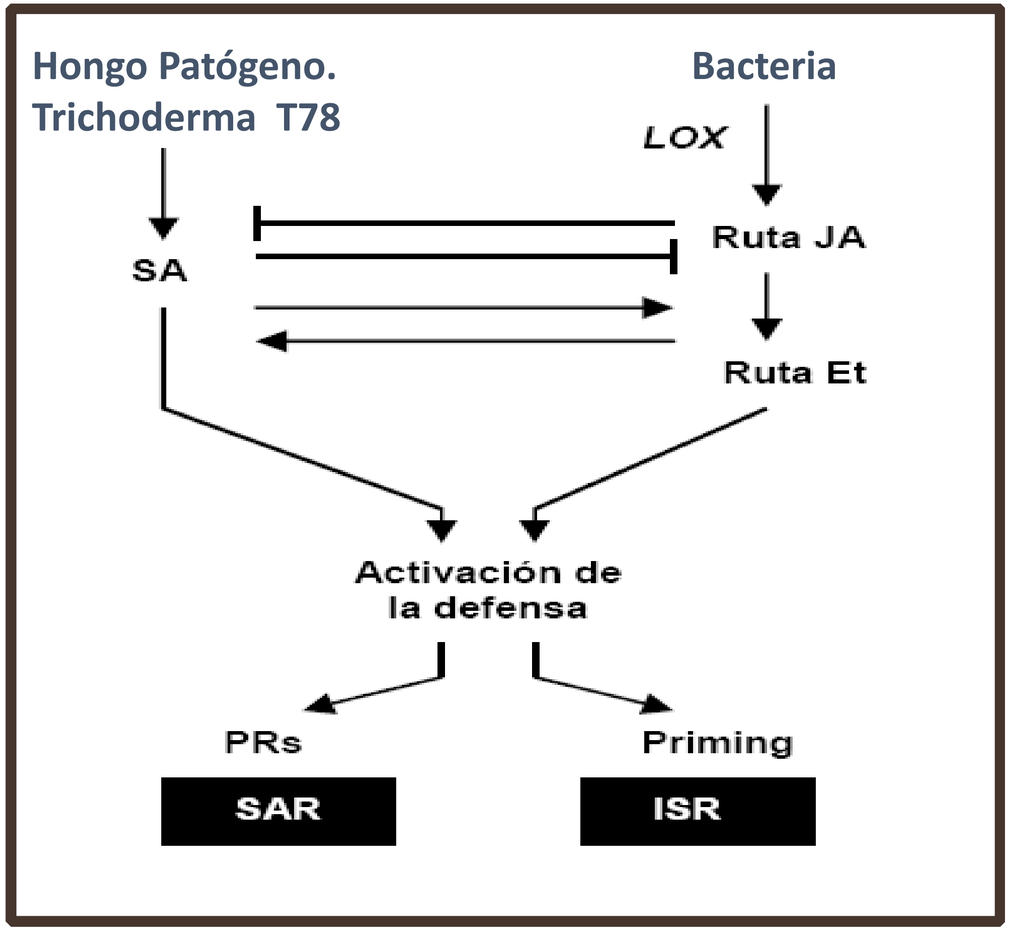
Incremento de la **fitoestimulación**

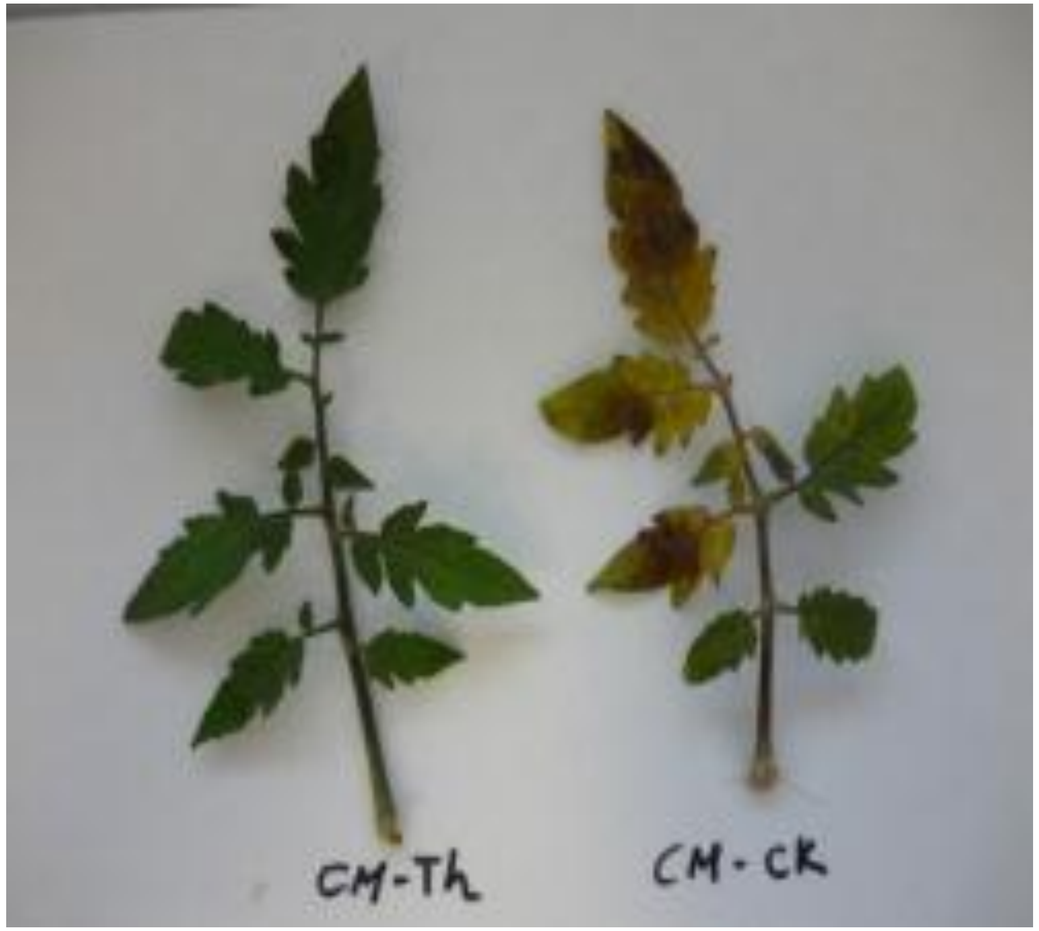
Interacción directa con el patógeno: Micoparasitismo



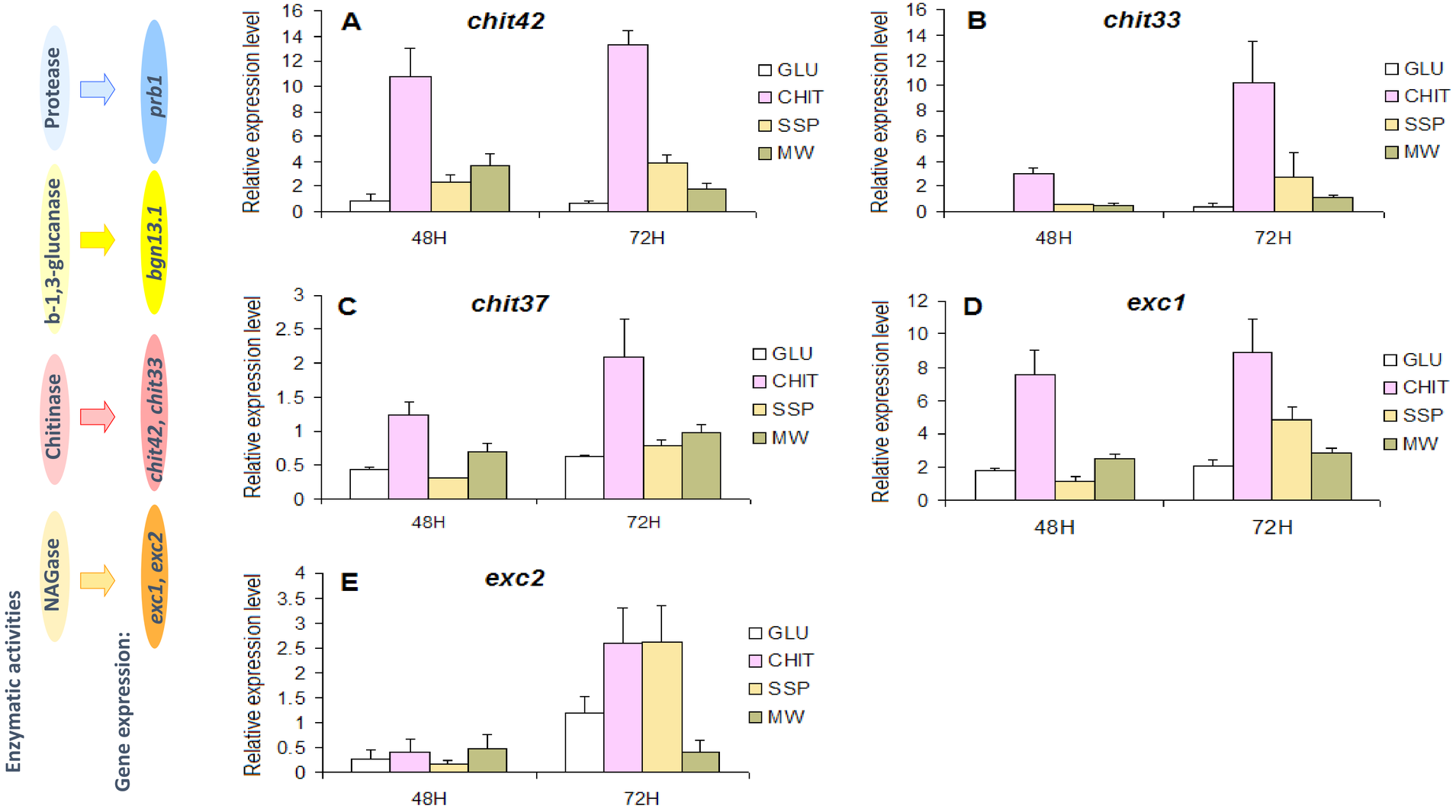
Interacción *Trichoderma* - Planta

La presencia de *Trichoderma* **modifica la respuesta de la planta frente al ataque del patógeno**

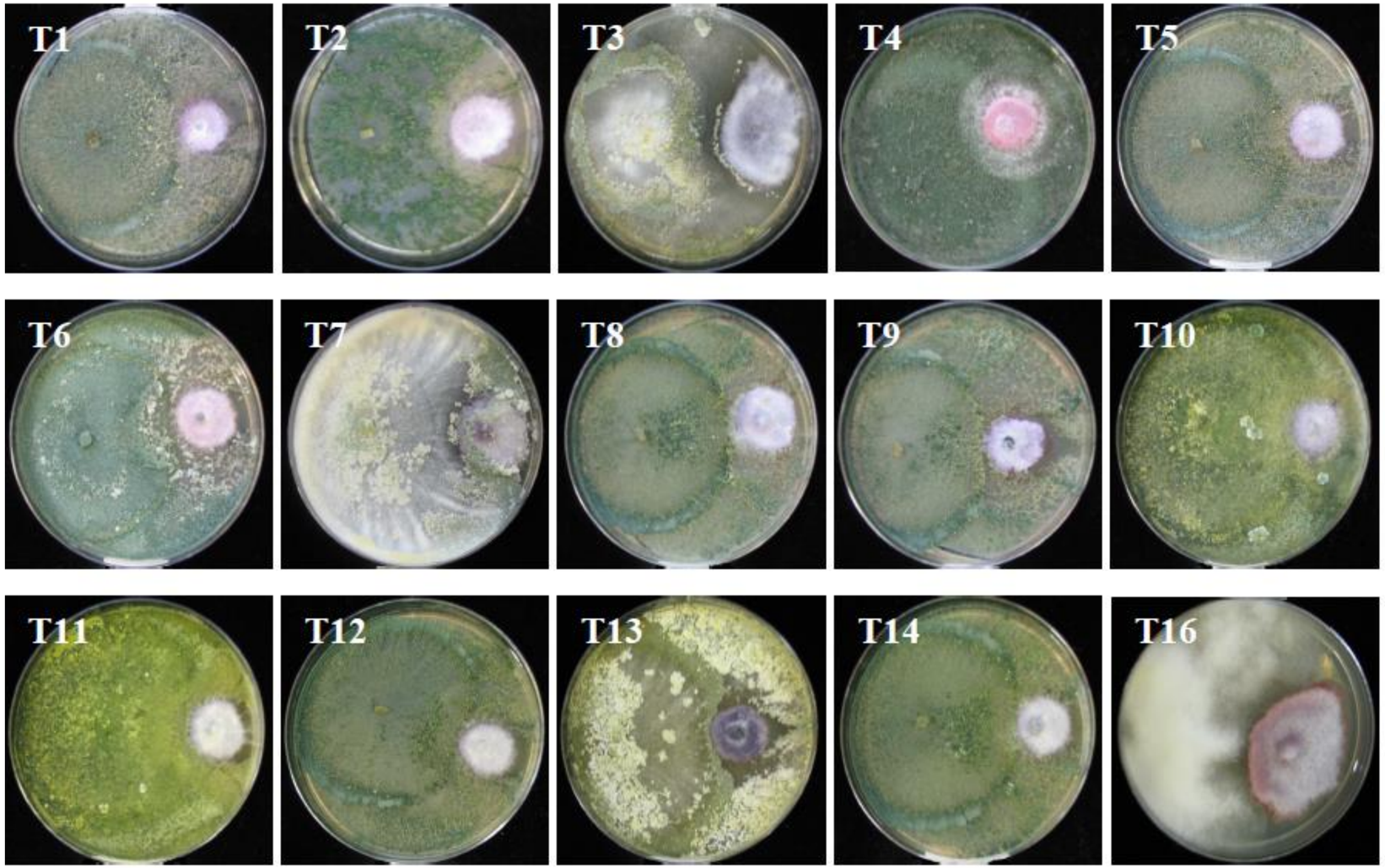




Activación de genes en la Interacción *Trichoderma* – Planta- Patogeno

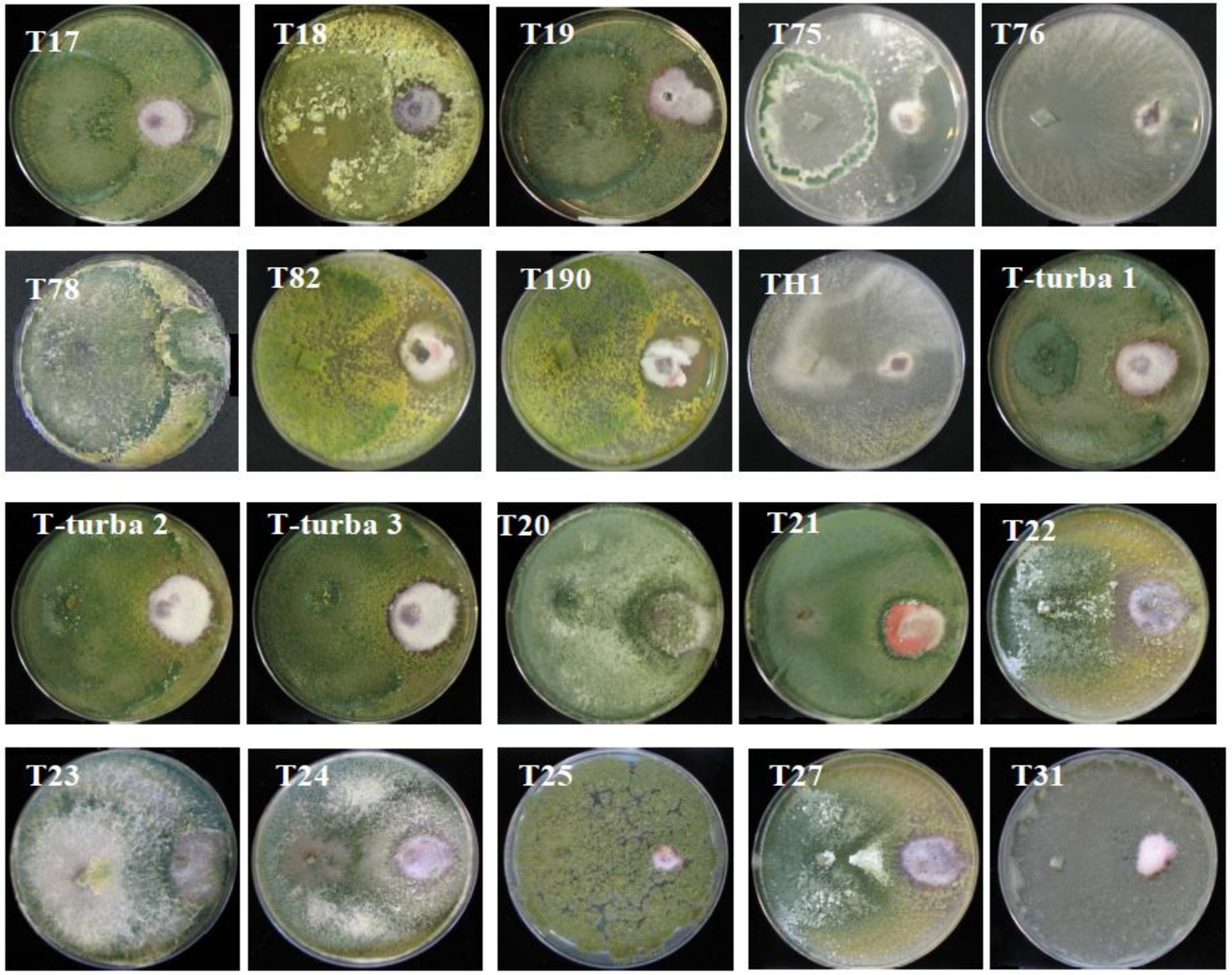


Enfrentamiento antagonismo contra fusarium oxysporum

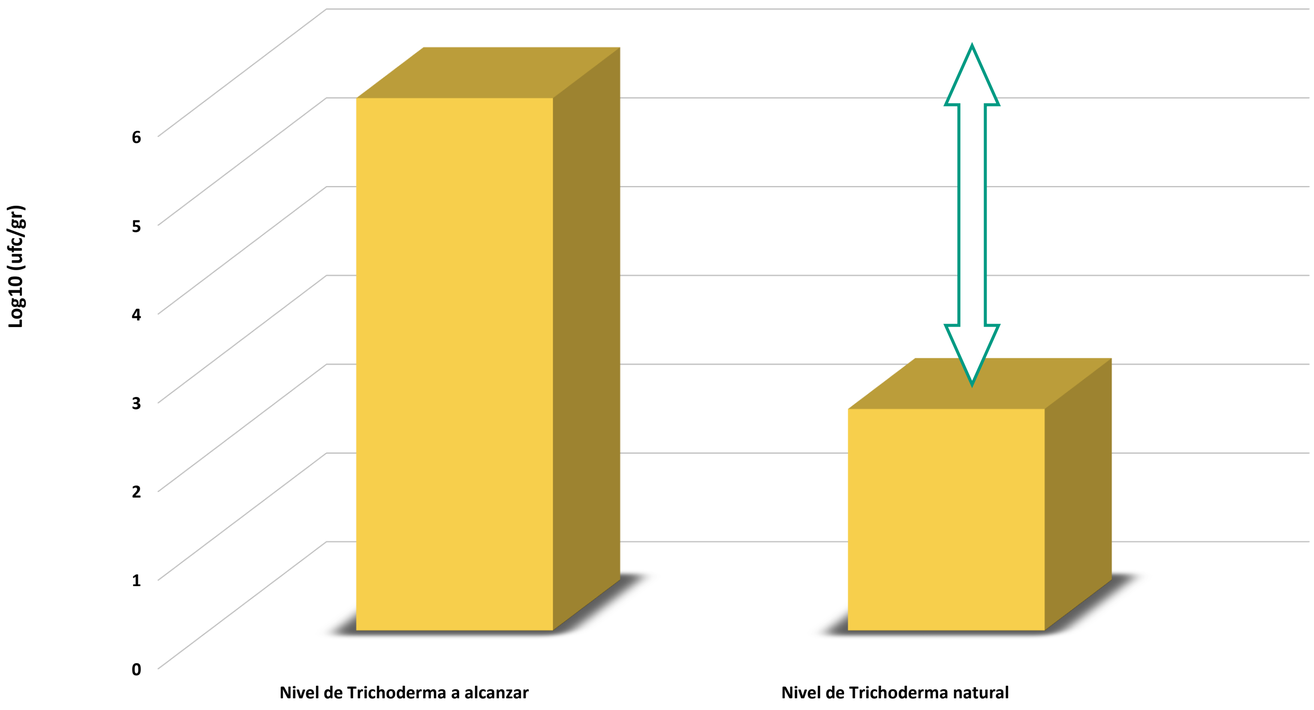


Enfrentamiento antagonismo contra fusarium oxysporum

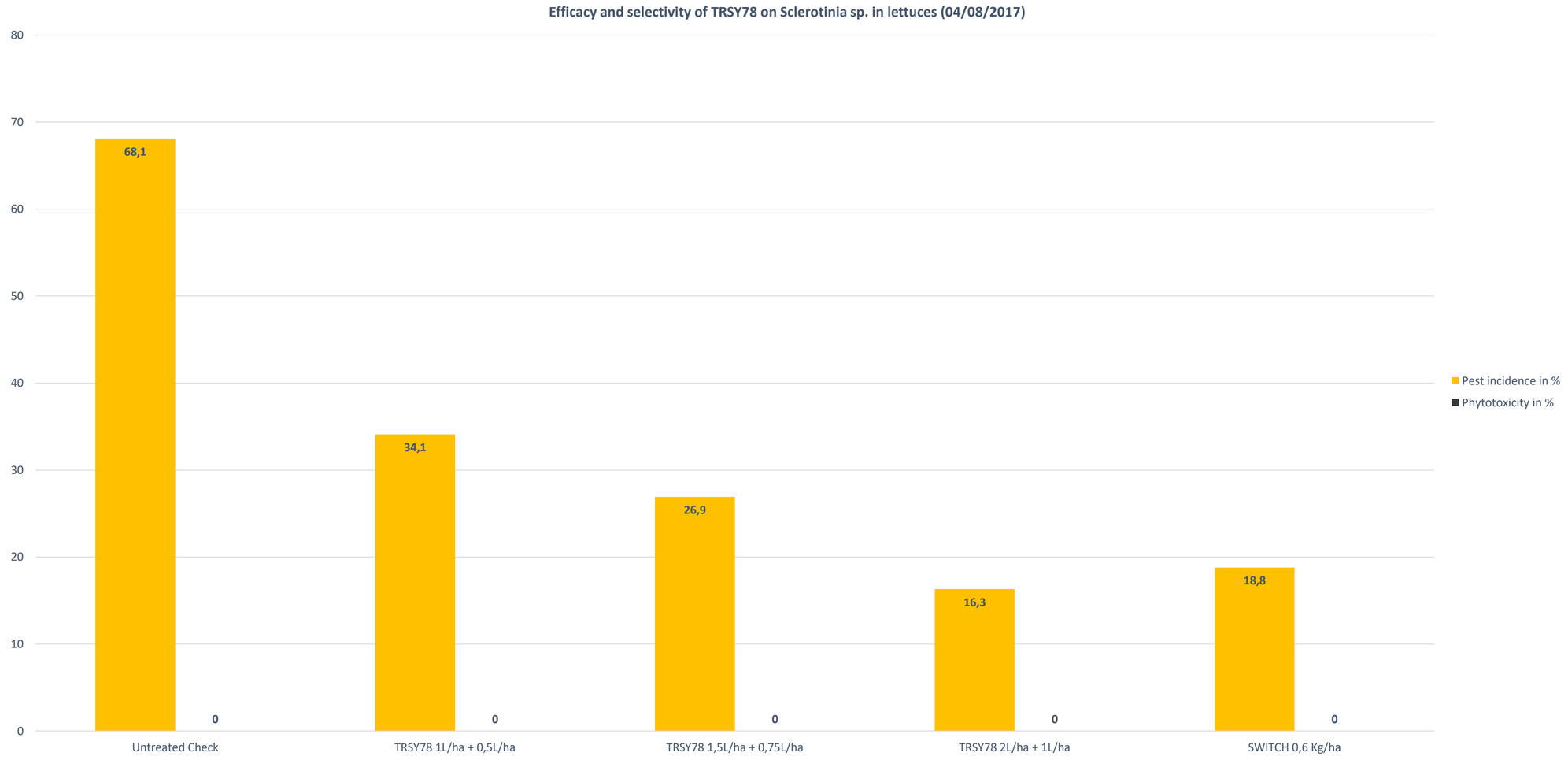
Control efectivo



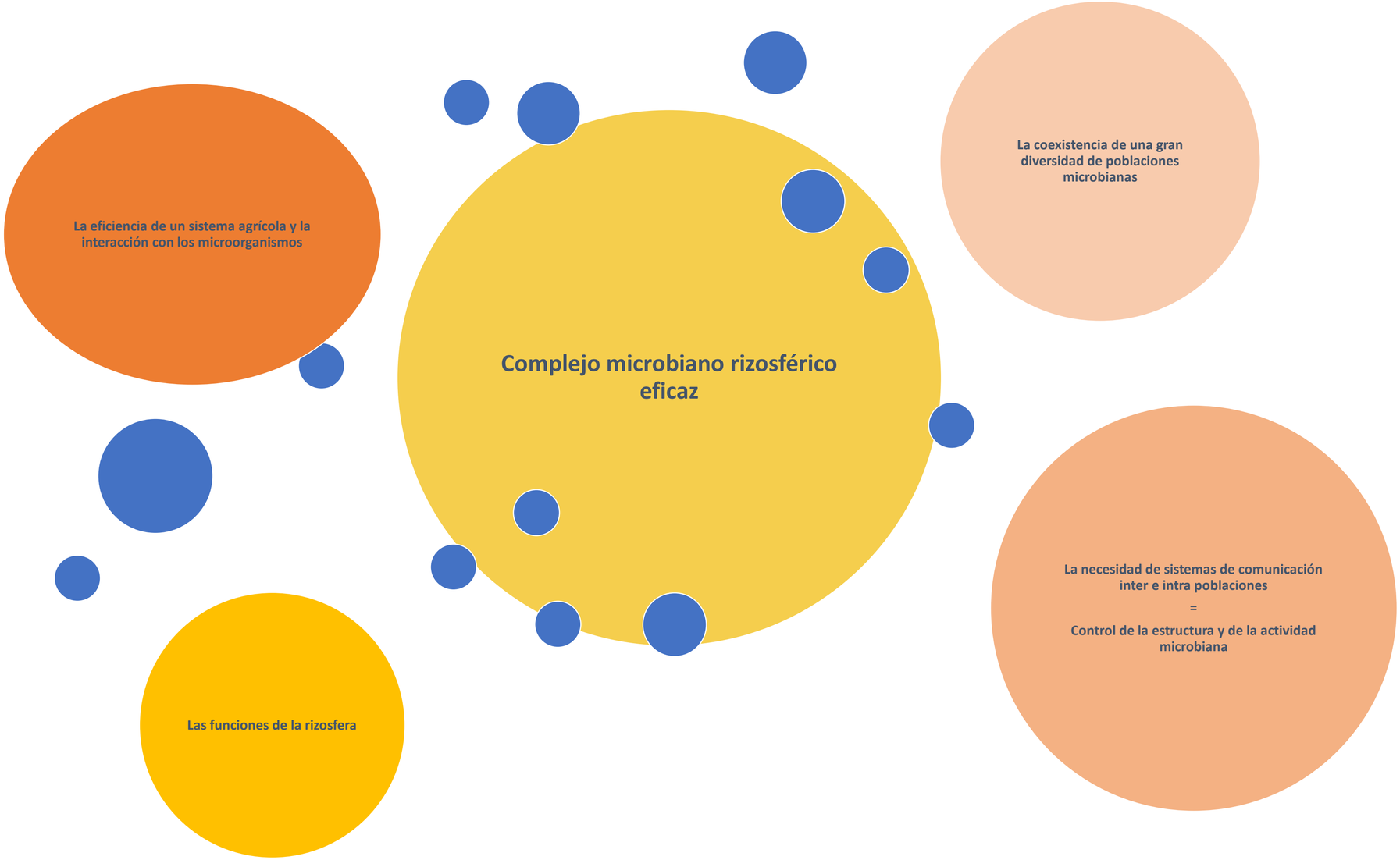
Nivel de trichoderma en suelo habitual y el necesitado!



Efecto de T78 como biofungicida frente a Sclerotinia sclerotium en Lechuga

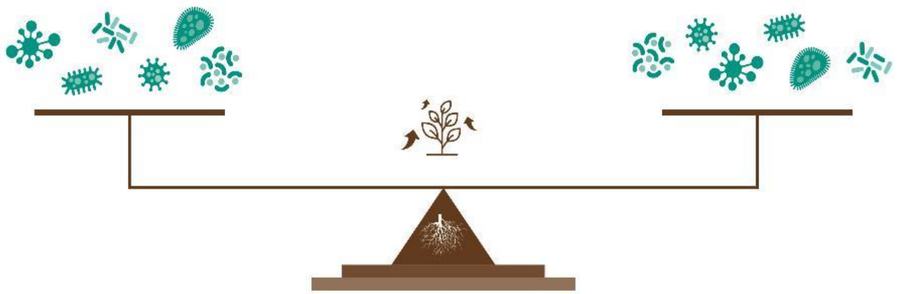


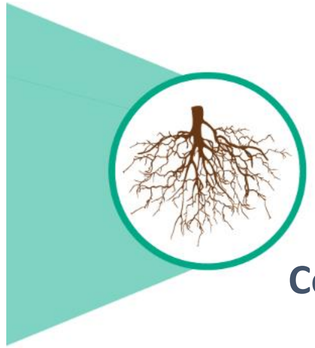
¿Cómo obtener un complejo microbiano rizosférico eficaz?

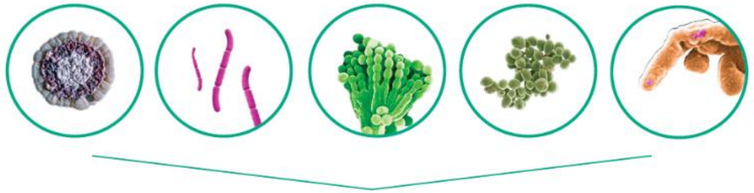


¿Cómo obtener un complejo microbiano rizosférico eficaz?

- El sistema se origina a partir de una **masa en compostaje procedente de una mezcla de residuos 100% vegetales**.
- El sistema evoluciona en una sucesión de **poblaciones predominantes en cada momento según la fase del ciclo** en la que se encuentre.
- Esto **no supone la desaparición total de las restantes poblaciones sino la protección de éstas** por parte de las predominantes.







Cooperación / sinergismo o protocooperación

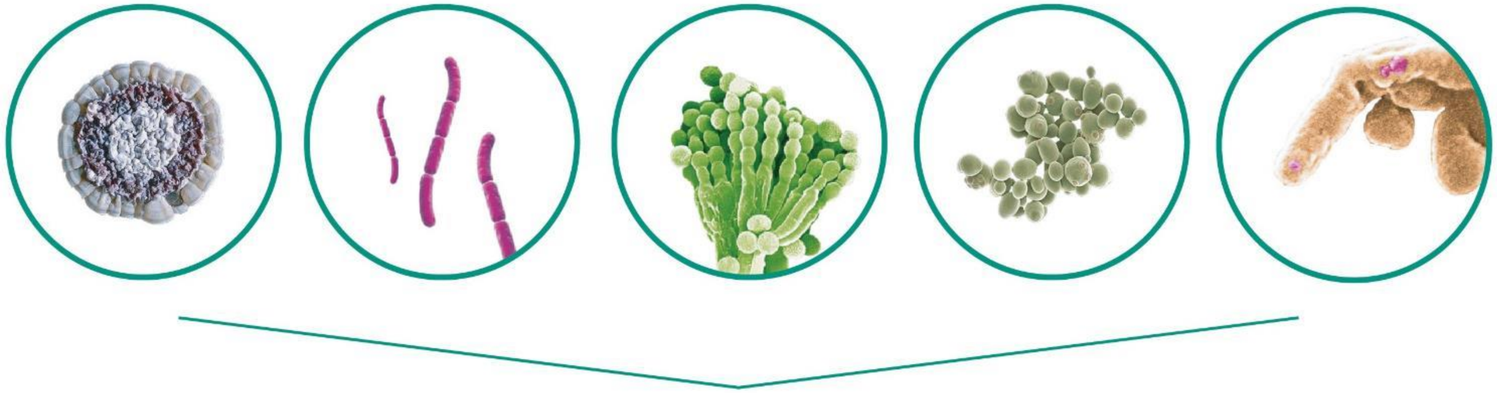
¿Cómo obtener un complejo microbiano rizosférico eficaz?

Para establecer una flora microbiana rizosférica se necesita:

Biotización microbiana selectiva de los suelos

Lo cual promueve:

- Mayor **actividad microbiana**
- **Regeneración biológica de los suelos**
- Mayor eficiencia en el **reciclaje de nutrientes del suelo**
- **Ambiente adecuado** para el desarrollo de los cultivos

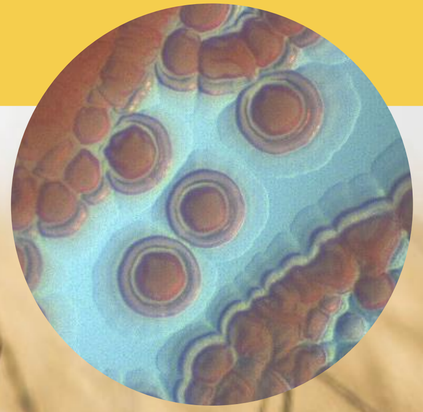


Microorganismos selectivos actuando de forma combinada y conjunta para mejorar y regenerar el suelo

- **Fijadores biológicos de nitrógeno.**
- **Solubilizadores de Fosfatos.**
- **Promotores del crecimiento radicular.**
- **Secuestradores de Cationes.**
- **Detoxificadores de suelo.**

Symborg

Biofertilizantes: Otra forma de aportar Methylobacterium symbioticum



Nutrición de nitrógeno de las plantas

78% de nuestra atmósfera está compuesta por N_2

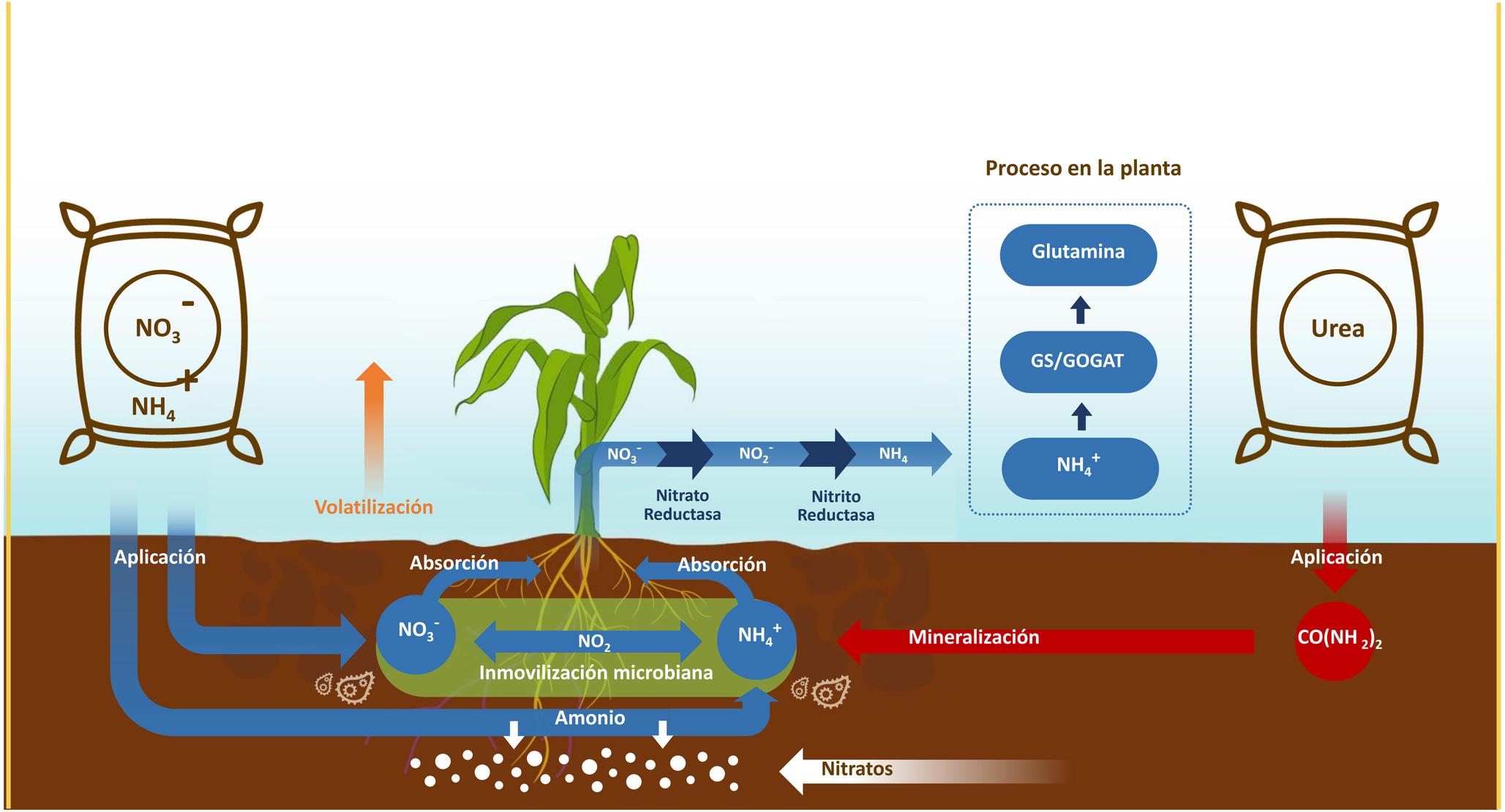
Las plantas no son capaces de asimilar el N_2 a no ser que sea reducido.

Dos mecanismos principales de nutrición:

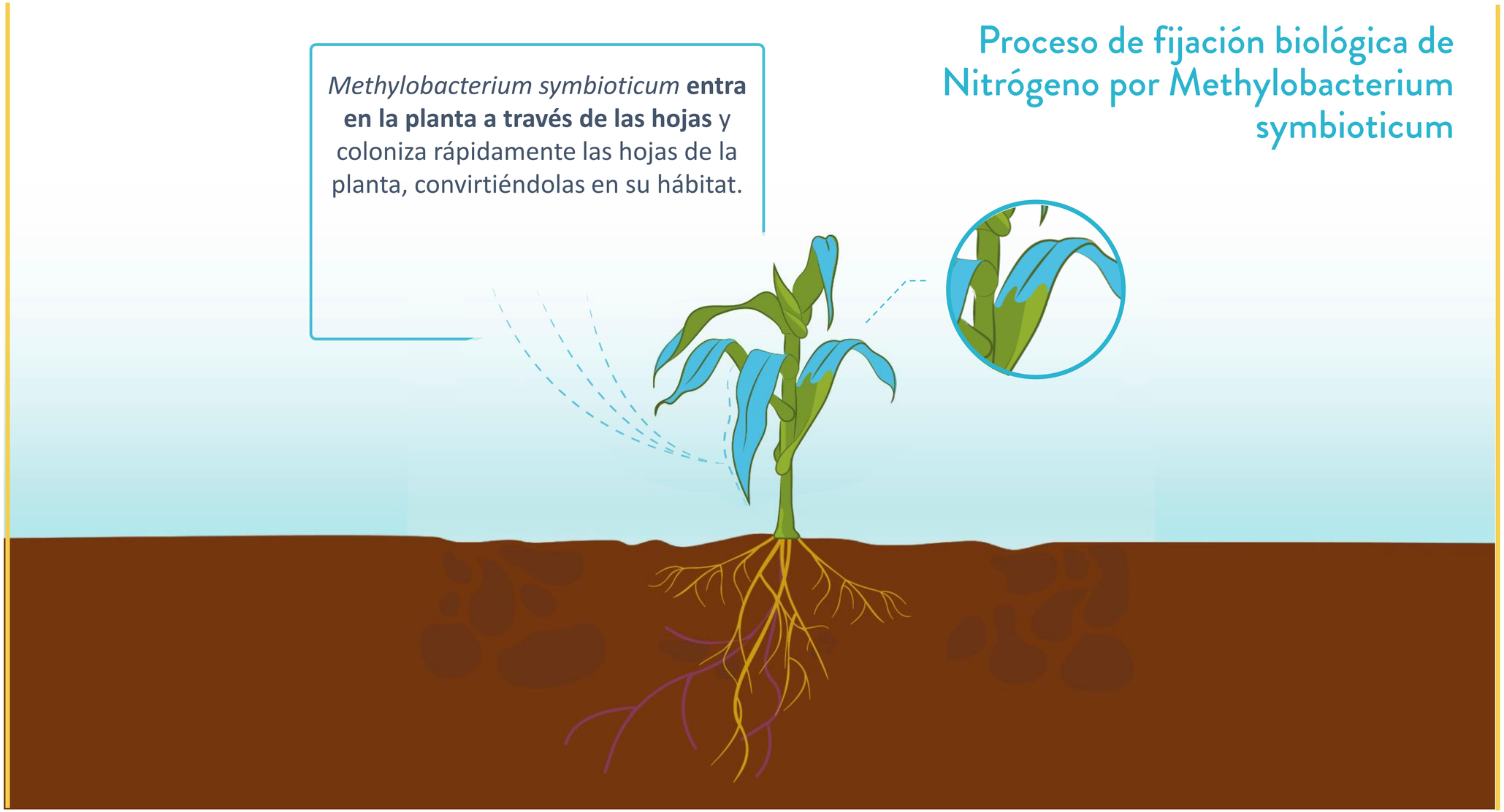
1) Nutrición a través de **fertilizantes químicos y materia orgánica**

2) Nutrición a través de la **fijación biológica**

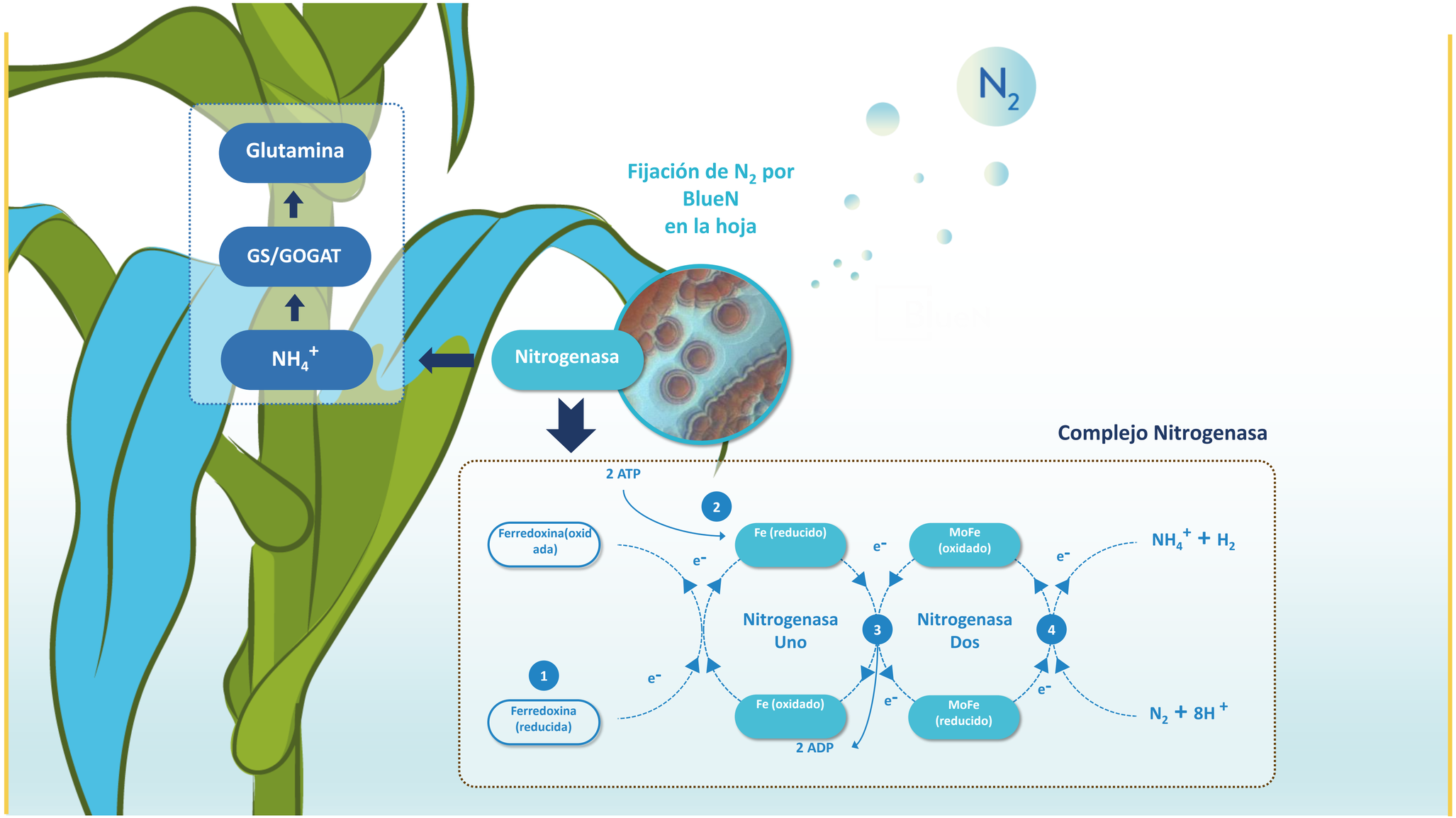
Nutrición a través de fertilizantes químicos y materia orgánica



Nutrición biológica por Methylobacterium symbioticum

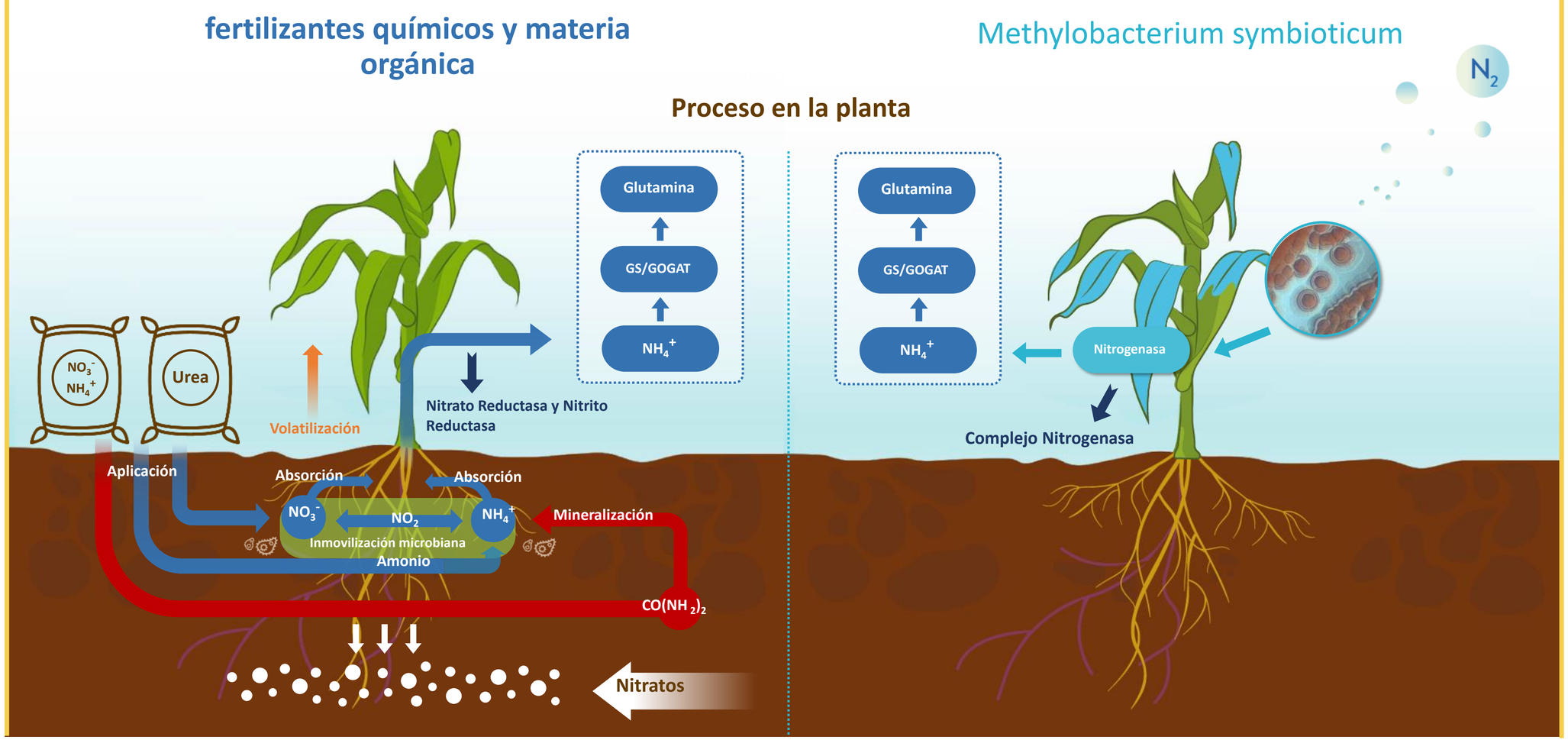


Nutrición biológica por Methylobacterium symbioticum



Nutrición convencional vs biológica

Asimilación y transporte de Nitrógeno en planta



BlueN: Una herramienta para el agricultor

BlueN, compuesto por *Methylobacterium symbioticum,* es el **primer biofertilizante de nitrógeno de máxima eficacia**

- Aumento de la rentabilidad de los cultivos
  Ahorro en fertilización nitrogenada
- Ahorro energético para la planta que se traduce en un **mayor crecimiento vegetal**
- **Menos nitratos y gases oxidativos**

BlueN garantiza el suministro efectivo y controlado de Nitrógeno a la planta de forma biológica durante toda la temporada.

Resultados en Publicaciones

Efectos de la simbiosis planta -*Glomus iranicum var tenuihypharum*

Rápida y eficaz colonización en la raíz de la planta

Aumento en la absorción de nutrientes de la planta

Aumento de la actividad fisiológica de la planta

Control del balance hormonal de la planta

Actividad Nutricional de *Glomus iranicum var tenuihypharum*

Lettuce type Iceberg	N (g/100 g)	P (g/100 g)	K (g/100 g)	Ca (g/100 g)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Funneliformis mosseae	2.2 b	0.12 b	5.9	2.3 c	130.2 b	322 b	23.4
Rhizophagus irregularis	2.1 b	0.11 c	5.9	2.4 c	132.2 b	342 b	22,1
Glomus iranicum var tenuihypharum	2.9 a	0.14 a	6.5	3.2 a	167.4 a	750 a	34.2
Control	2.0 c	0.11 c	5.8	2.9 b	123.5 c	389 b	30,2
Es x	0.02**	0,03**	1.1 n.s	0.02 **	2,9***	11.2**	7.8 n.s

Glomus iranicum var. tenuihypharum var. nov. strain and its use as biostimulant. European Patent Appplication No./Patent No. 13174708.1-1454. Proyecto Optimización de nutrientes y agua. CSIC-SYMBORG (2010-2013)

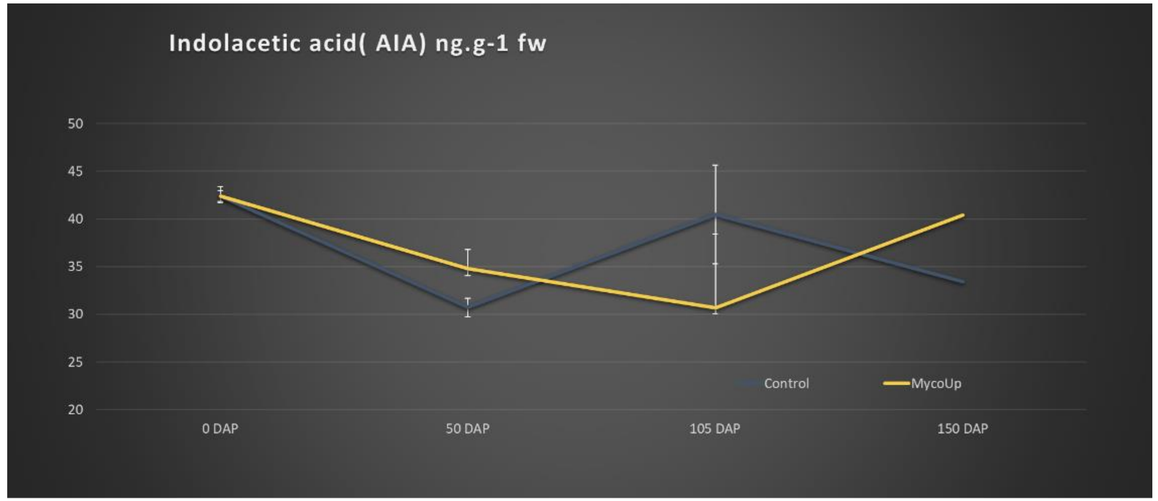
Actividad Fisiológica de *Glomus iranicum var tenuihypharum*

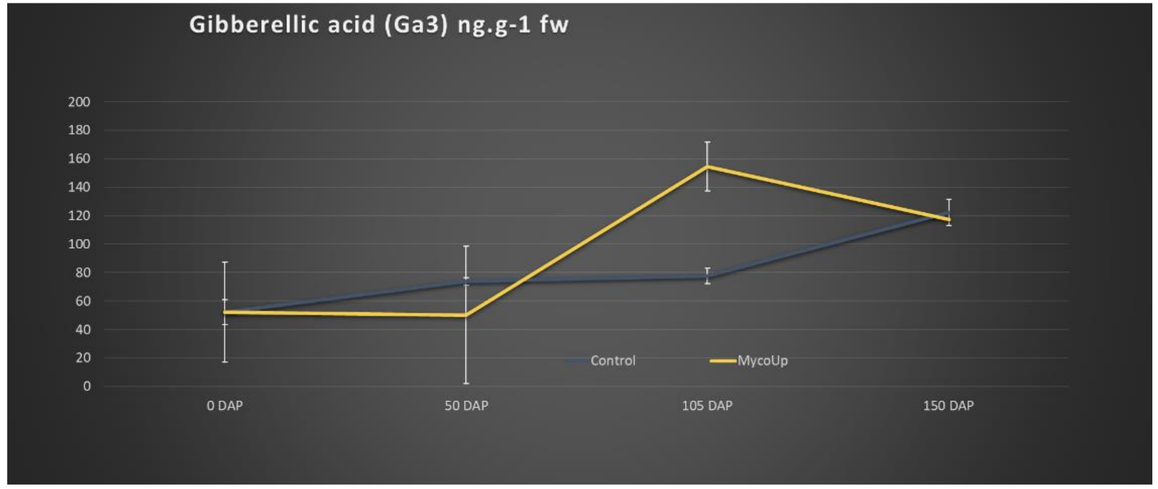
	Lettuce type Iceberg	SPAD	An (µmol CO^2 m^{-2} s^{-1})	Gs (mmol H_2O m^{-2} s^{-1})	IWUE (An / Gs)
40 d	*Funneliformis mosseae*	25.2 b	8.23 b	121 a	68.01 b
	Rhizophagus irregularis	22.0 c	8.12 b	123 a	66.0 b
	Glomus iranicum var tenuihypharum	31.1 a	10.33 a	117 b	88.29 a
	Control	22.2 c	7.3 c	120 a	60.83 c
	Es x	0.14***	0.42***	1.89***	2.25**

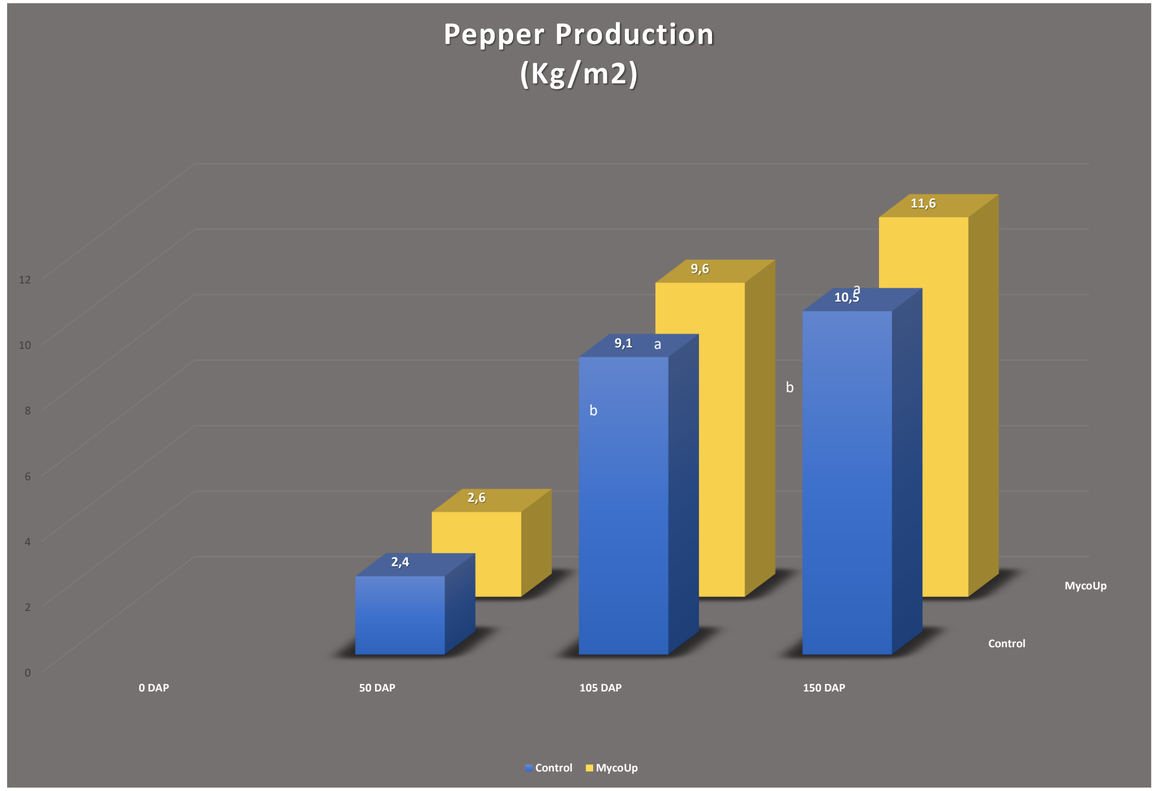
	Lettuce type Iceberg	SPAD	An (µmol CO^2 m^{-2} s^{-1})	Gs (mmol H_2O m^{-2} s^{-1})	IWUE (An / Gs)
75 d	*Funneliformis mosseae*	20.2 b	9.39 b	140 a	67.07 b
	Rhizophagus irregularis	19.0 c	9.23 b	140 a	65.09 b
	Glomus iranicum var tenuihypharum	28.1 a	12.76 a	120 b	106.3 a
	Control	19.1 d	8.47 c	125 b	67.76 b
	Es x	0.25***	0.815***	2.4**	1.80***

Glomus iranicum var. tenuihypharum var. nov. strain and its use as biostimulant .European Patent Appplication No./Patent No. 13174708.1-1454. Proyecto Optimización de nutrientes y agua. CSIC-SYMBORG (2010-2013)

Actividad Hormonal de *Glomus iranicum var tenuihypharum*



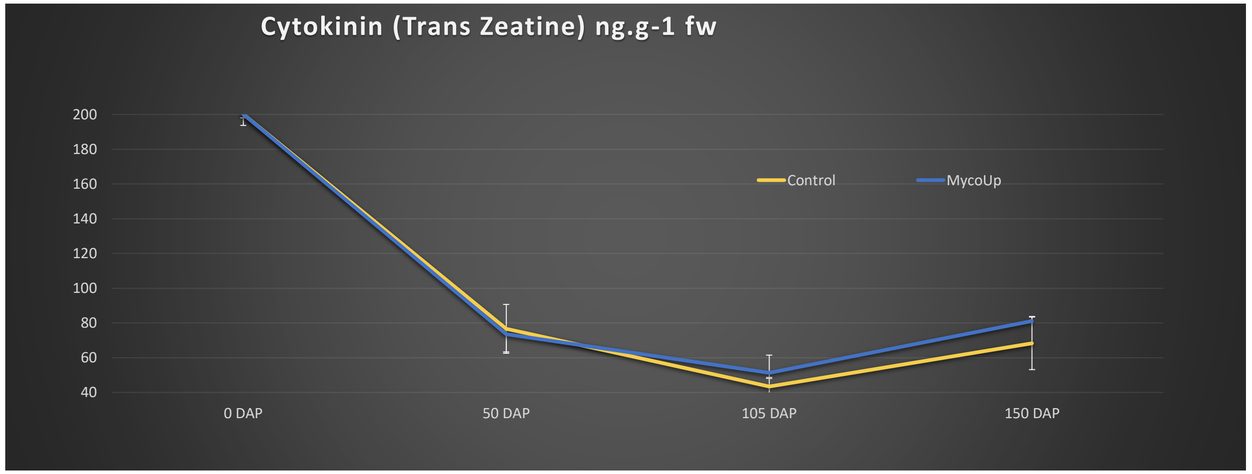


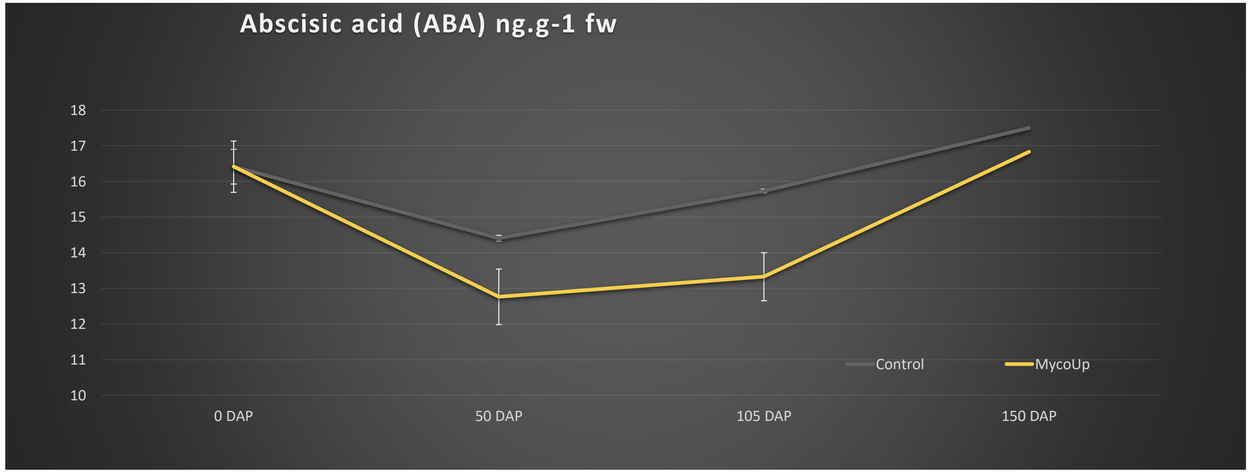


a

Evolution of the (ng.g^{-1} fresh weight) of Giberellic acid, indolacetic acid, and production (kg/m^2) in pepper plants treated or not with MycoUp (Glomus iranicum var tenuihypharum) during a complete production cycle under South Spain greenhouse condition (CSIC. SPAIN in press 2015)

Actividad Hormonal de *Glomus iranicum var tenuihypharum*





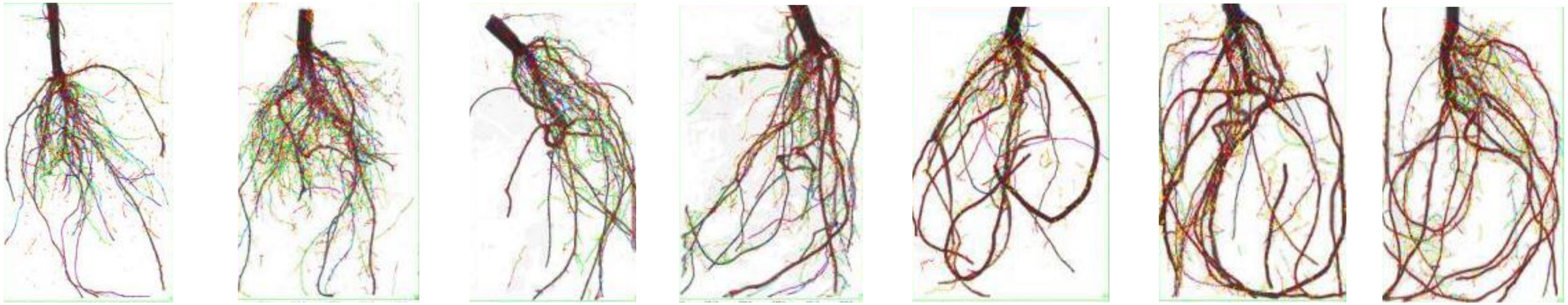
Evolution of the (ng.g^{-1} fresh weight) of cytokinin and Abscisic acid, in plants treated or not with MycoUp (*Glomus iranicum var tenuihypharum*) during a complete production cycle under South Spain greenhouse condition (CSIC, Spain, 2015. In press)

Efecto de Glomus iranicum sobre el desarrollo del sistema radicular

Efecto de Glomus iranicum sobre el desarrollo del sistema radicular

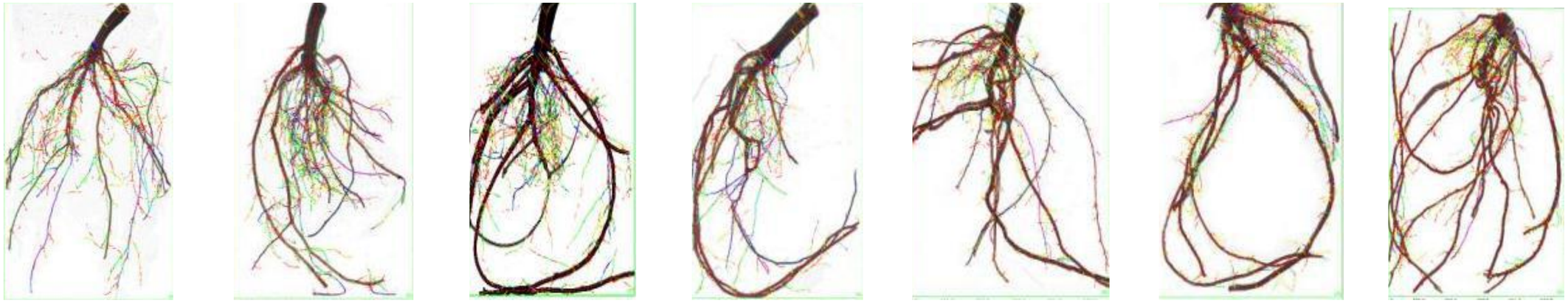
Evolución del sistema radicular de plantas de Melon tratadas con
Glomus iranicum var. tenuihypharum var. nova

Tratado



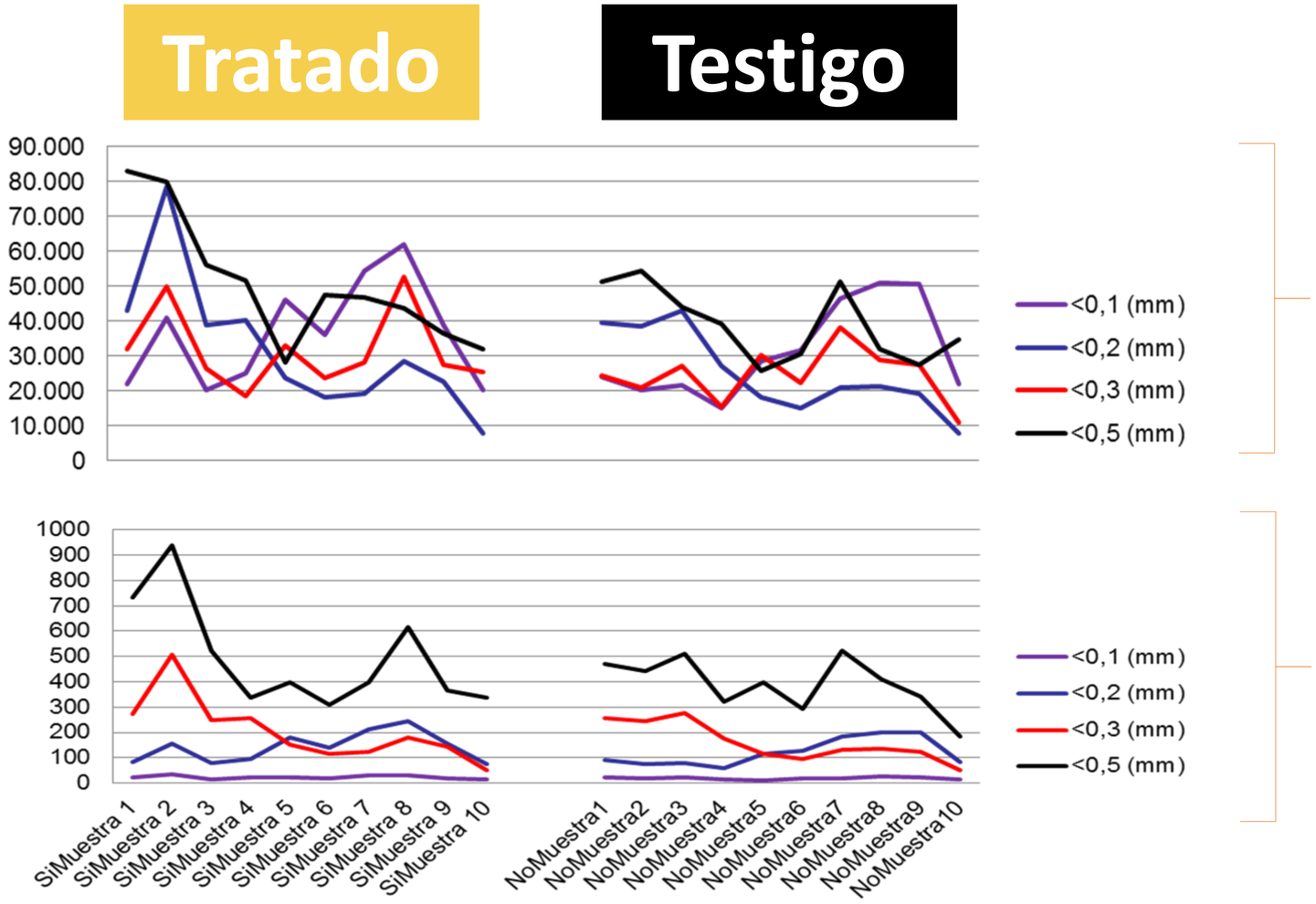
7 DDI | 14 DDI | 30 DDI | 45 DDI | 60 DDI | 75 DDI | 100 DDI

Testigo



Efecto de Glomus iranicum sobre el desarrollo del sistema radicular

Evolución del sistema radicular de plantas de Melon tratadas con *Glomus iranicum var. tenuihypharum var. nova*



Superficie explorada

Volumen de Raíces

Universidad Politécnica de Cartagena (España).

Respuesta fisiológica y productiva de dos variedades de tomate (Solanum lycopersicon) a la aplicación de Glomus iranicum en la región de Extremadura.

Autores: Pedro Nortes Tortosa[1], Laura Pozuelo[2], Francisco Javier Pagán[2], Jose Miguel Dell Amico[1], Antonio Jose Bernabé García[2] y Félix Fernández Martín[2].

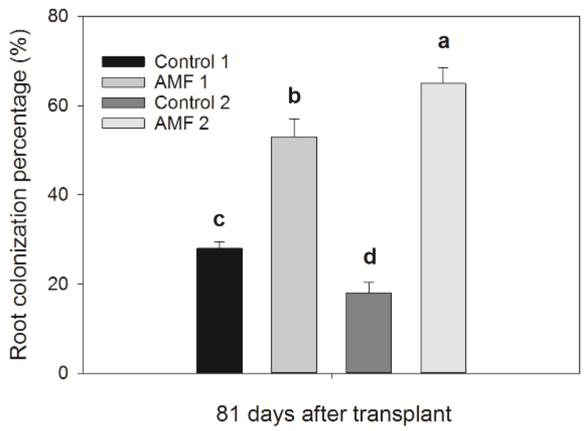
1. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. CSIC. Murcia.
2. SYMBORG.SL.

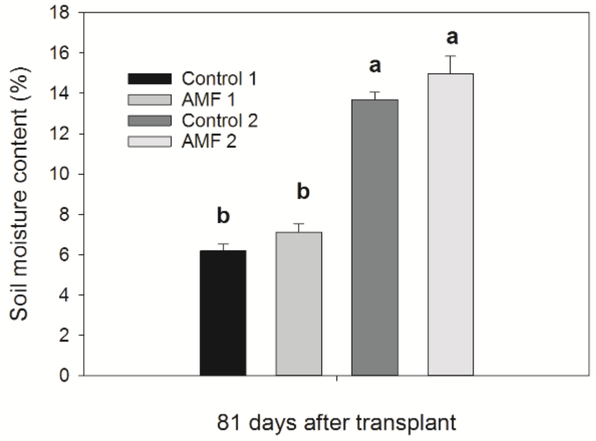
El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar la respuesta fisiológica y productiva de dos variedades de tomate (H 1015 (1) H 34021 (2) a la aplicación del producto Mycogrowth como agente inoculante del hongo *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*, de reconocida importancia para los cultivos y el suelo. Para ello se midió la humedad del suelo, el porcentaje de colonización de raíces, las relaciones hídricas y el intercambio gaseoso, así como la biomasa seca, rendimiento, producción de la planta y calidad del fruto.

METODOLOGÍA

- A los 81 DDT, el porcentaje de micorrización y humedad de suelo se determinó en las dos plantas de tomate. La humedad del suelo fue determinada para cada tratamiento mediante el método gravimétrico.
- El porcentaje de micorrización, se tomaron raíces secundarias en 10 plantas por tratamiento, a una profundidad de 0 - 20 cm, las que se tiñeron y clarificaron según las metodologías descritas por Rodríguez et al. (2015) y Dalpé y Séguin (2013). La evaluación de la colonización micorrízica se realizó según el método de los interceptos, desarrollado por Giovanetti y Mosse (1980).
- El potencial hídrico foliar (Ψ_{leaf}) fue medido a los 81 DDT en dos momentos del día (10 am y 1 pm) y en 10 plantas por tratamiento. La medida se realizó de acuerdo con Scholander et al (1965), usando una cámara de presión (Model 3000; Soil Moisture Equipment Co., Santa Barbara, CA, USA) en la que las hojas fueron introducidas en la cámara inmediatamente después de su recogida y presurizadas a un ratio de 0.02 MPa s-1 (Turner 1988).
- La conductancia estomática (g_s) y la tasa fotosintética (P_n) fue medida a a los 81 DDT, en dos momentos del día (10 am y 1 pm), en hojas soleadas de 10 plantas por tratamiento. Para ello, utilizó un sistema portátil de intercambio gaseoso (LI-6400; LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA).
- A los 81 DDT, la masa seca de la parte aérea fue determinada en 10 plantas por tratamiento.
- El rendimiento del cultivo, número de frutos y peso medio por fruto fue evaluado en 10 plantas por tratamiento.
- Se evaluó el contenido de sólidos solubles expresado como º Brix como indicador de calidad interna de los frutos, en 50 frutos por tratamiento.

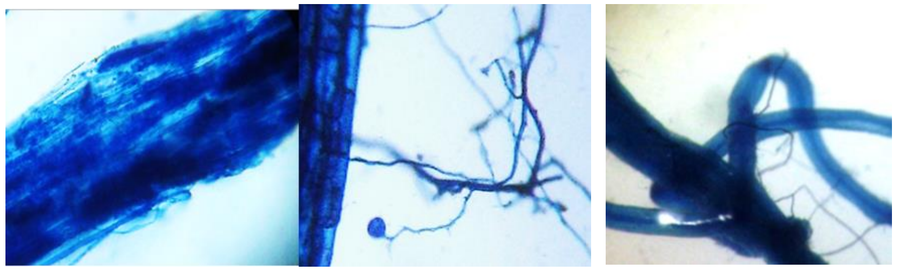
Resultados





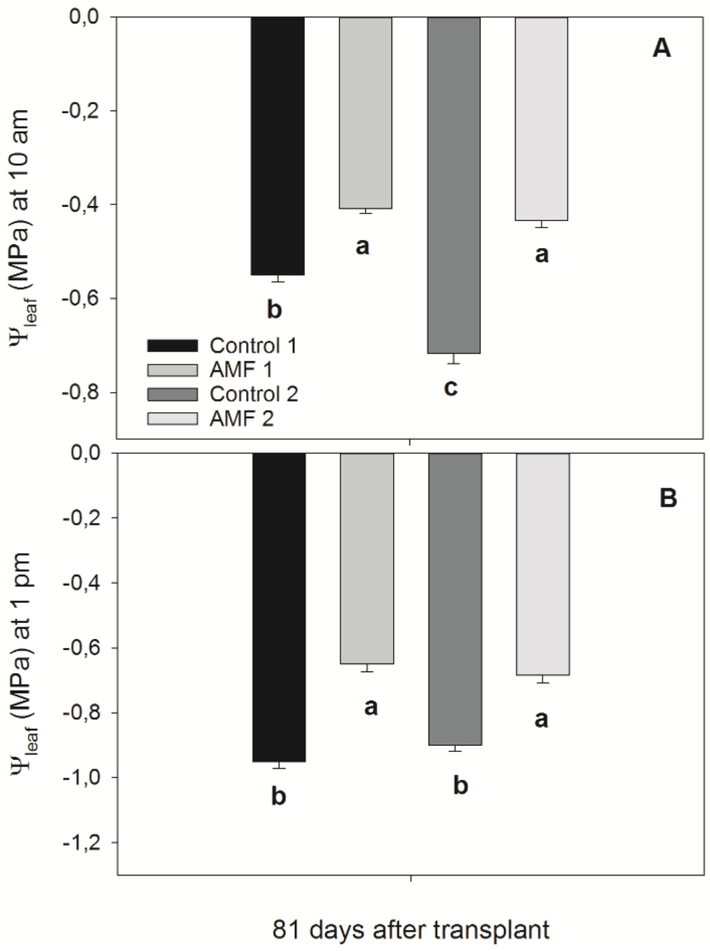
- Se evidenció la dependencia micorrizica de esta especie a ambas variedades de tomate (Fernández et al 2006; Dell'Amico et al 2007; Ley-Rivas et al 2015).
- Existió colonización en las raíces de las plantas controles, relacionado con la existencia de AMF residentes en el suelo (Gómez-Bellot et al., 2015; Nicolás et al., 201).
- Humedad del suelo en la variedad 2 fue mayor que en la variedad 1.
- En ambas variedades los tratamientos micorrizados mostraron una tendencia al aumento en la humedad del suelo respecto a los tratamientos controles, sin diferencias significativas.

Lavado de raíces efectuado a los 30 días de inoculado. Parcela MycoUp (A) y Testigo (B).



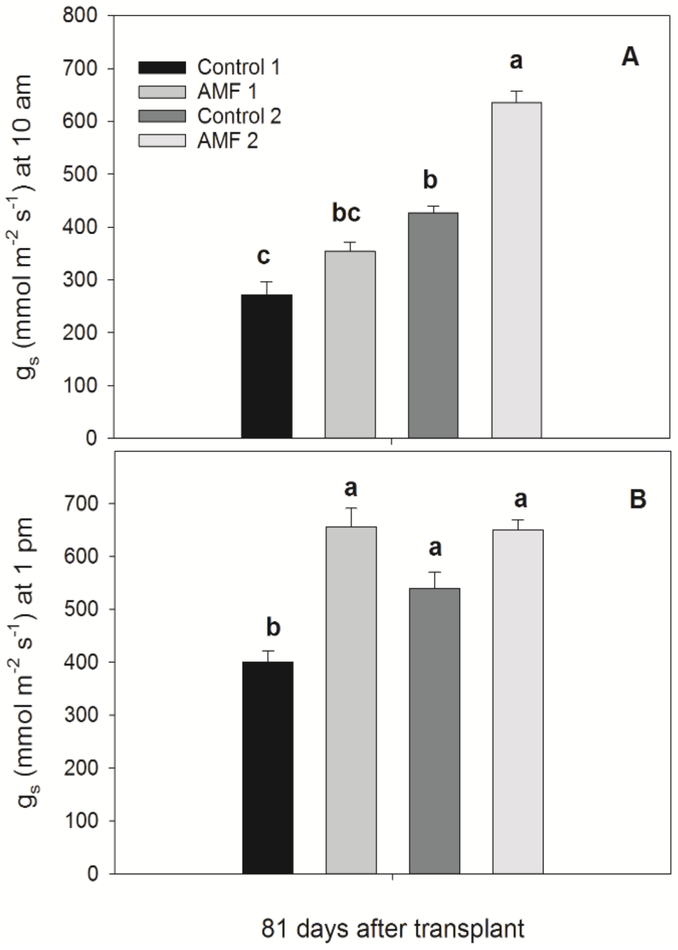
Raices colonizadas a los 81 ddt (A) y Testigo (B).

Resultados

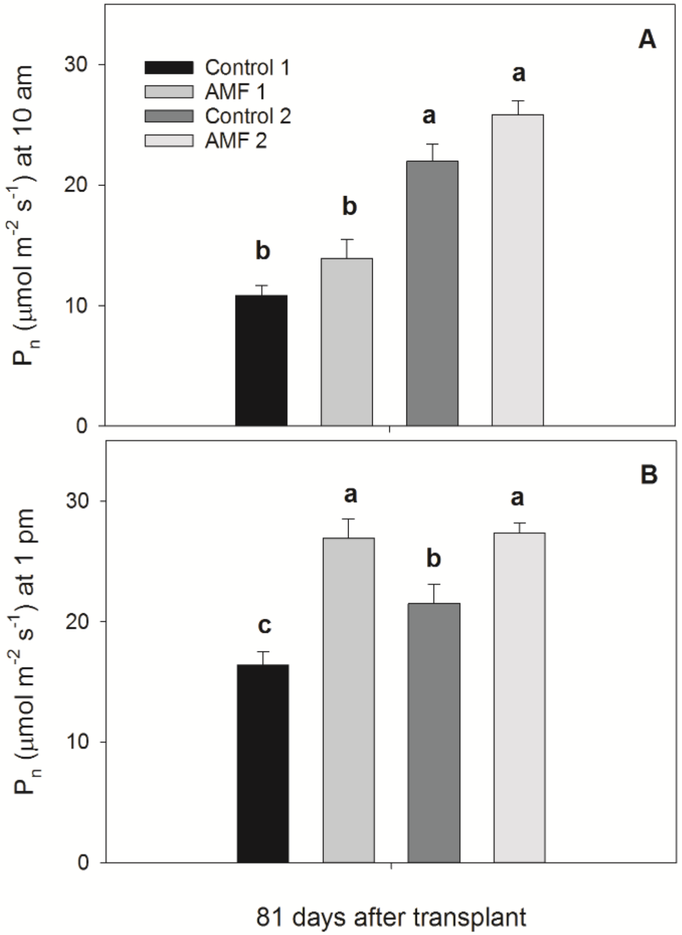


- Potencial hídrico en las plantas micorrizadas fueron muy similares (10 am -1 pm).
- Un efecto beneficioso de los AMF en la mejora de las relaciones hídricas de las plantas para ambas variedades.
- La simbiosis modifica las relaciones hídricas de la planta tanto en condiciones estrés de déficit hídrico (Lazcano et al., 2014; Bárzana et al., 2014), salino (Sheng et al., 2008; El-Nashar, 2017), como en condiciones de no estrés (Augé, 2004; Asrar et al., 2012).
- Se ha comprobado una mejora de la conductividad hidráulica de las raíces inoculadas, donde la regulación hormonal juega un papel fundamental (Sánchez- Romera et al., 2016).
- Las plantas micorrizadas eficientemente regulan mejor y más rápido sus niveles de ABA promoviendo un equilibrio más adecuado entre la transpiración de las hojas y el movimiento del agua de la raíz durante los períodos de sequía y recuperación (Ruiz-Lozano et al., 2006).

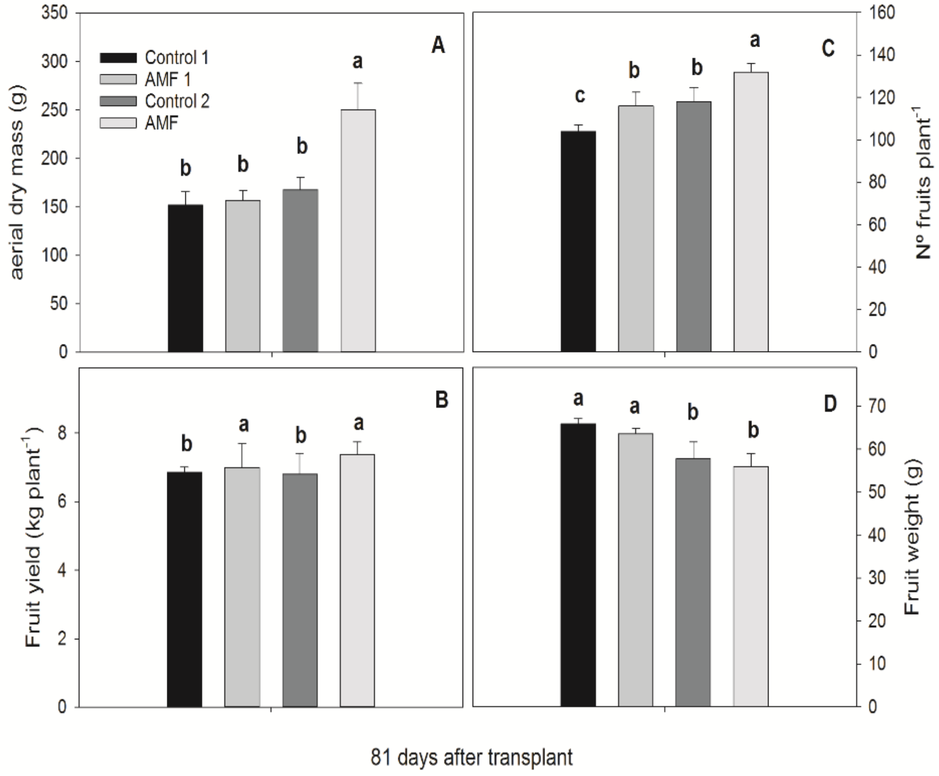
Resultados



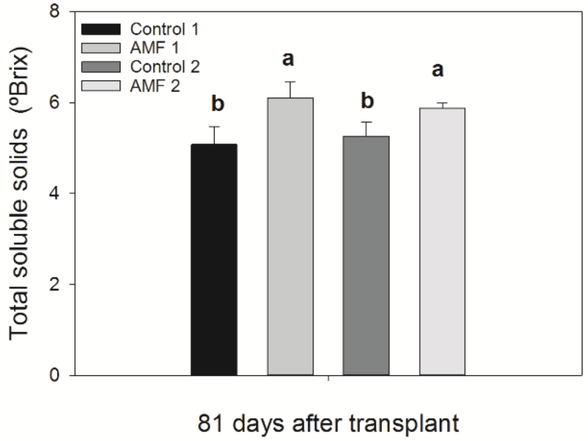
- La conductancia estomática es un indicador eficiente de la tasa de intercambio gaseoso y la transpiración a través de los estomas de las hojas y de la humedad del suelo.
- La gs a las 10 am, reflejaron adecuadamente las condiciones del contenido de humedad del suelo correspondiente a cada finca.
- La gs a la 1:00 pm, los valores de gs en las plantas tratadas fueron altos y similares con independencia de la humedad de la mañana.(Dell'Amico et al 2017 y 2018
- Una de las variables que más correlacionaron con la gs, en horas de la mañana, fue la humedad del suelo.
- El comportamiento de la gs y la fotosíntesis (P) de todas las plantas fue muy similar al seguido por el Ψ leaf en ambas variedades a la 1 pm, ya que los mayores valores de gs y Pn siempre correspondieron a las plantas con AMF.
- Por lo general las plantas inoculadas con AMF tienen una mayor gs y una mayor capacidad para regular sus estomas (Lazcano et al., 2014; Augé et al., 2015) que las no inoculadas.



Resultados



- Las plantas tratadas con AMF mejoraron el rendimiento, el número de frutos por planta en ambas variedades.
- La posible razón detrás del impacto sinérgico de las micorrizas en la mejora en el número de frutos fue el aumento del contenido de fósforo en la planta que podría ejercer un efecto positivo en la división celular y el almacenamiento de energía (Fernandez et al, 2019, Chandel et al., 2017).
- La inoculación micorrizica mejoró la calidad del fruto en ambas variedades como consecuencia de un mayor aporte nutricional al fruto (Tanwar et al. 2013). El mayor contenido de azúcar, obtenido con la inoculación micorrízica, sugirió que la distribución de carbohidratos en la planta no se limitó únicamente hacia los AMF (Nzanza et al., 2012).



Mycorrhiza (2014) 24: 339-348

Arbuscular mycorrhizal symbiosis alleviates salt effects of reclaimed water in lettuce plants

VICENTE-SÁNCHEZ, J[1], NICOLÁS E[2], PEDRERO F[2], ALARCÓN JJ[2], MAESTRE-VALERO JF[2], AND FERNÁNDEZ F[1*]

1. SYMBORG.SL. Campus de Espinardo 7. Edificio CEEIM. CP 30100. Murcia

2. CEBAS-CSIC. Campus de Espinardo. CP 30100. Murcia.

(*) Corresponding author, Email: felixfernandez@symborg.com

Objetivo

El presente estudio evaluó los efectos de la inoculación con el HMA *Glomus iranicum var tenuihypharum* en el rendimiento fisiológico y la producción de las plantas de lechuga cultivadas en invernaderos y abastecidas con agua regenerada (aguas residuales urbanas tratadas con alta conductividad eléctrica; 4,19 dS m-1).

METODOLOGÍA

Se aplicaron cuatro tratamientos, agua trasvase (TW), agua trasvase más inoculación de HMA (TW-AMF), agua recuperada (RW) y agua recuperada más inoculación de HMA(RW-AMF), y se analizaron sus efectos a lo largo del tiempo.
Se evaluó la colonización micorrícica de las raíces, la biomasa de las plantas, el contenido de iones de las hojas, la conductancia estomática y la fotosíntesis neta

Table 1.Physical, chemical and microbiological analysis for both water sources at the beginning of the experiment.

	Reclaimed water	**Transferred water**
Phyisical-chemical		
pH	7.67±0.03	7.97±0.02
EC (dS m^{-1})	4.19±0.14	0.87±0.09
Total Disolved Solids	1785.00±1.32	383.00±0.90
Turbidity (NTU)	9.40±2.26	2.10±0.64
NO_3^- (ppm)	18.05±0.80	1.68±0.22
$PO4^{---}$ (ppm)	1.62±0.04	0.22±0.01
SO_4^{--} (ppm)	816.80±4.95	220.12±0.80
K^+ (ppm)	48.27±1.25	3.39±0.08
Ca^{++} (ppm)	186.35±1.67	94.21±2.41
Mg^{++} (ppm)	148.80±2.51	41.87±1.43
Na^+(ppm)	662.30±4.4	52.07±1.9
B (ppm)	1.08±0.06	0.09±0.01
Cl^- (ppm)	757±2.01	69.50±1.54
Microbiological		
Fecal coliforms	1315±23	34±2
Escherichia coli	93±5	3±1

Table 3. Influence of experimental treatments on lettuce plants growth and mycorrhizal dependence. Data with different letters differ significantly (P ≤ 0.05) as determined by Tukey's range test.

			TW	TW-AMF	MD (%)	RW	RW-AMF	MD (%)
Days after transplanting	At thirty days	SFW (g)	60.12a	65.5a	-	52.13a	63.5a	-
		SDW (g)	5.92a	6.5a	8.9a	5.26a	6.30a	16.5b
		RFW (g)	14.88a	16.38a	-	13.98a	16.38a	-
		RDW (g)	1.56a	1.68a	-	1.32a	1.64a	-
		SDW/RDW	3.79a	3.87a	-	3.98a	3.84a	-
		Nº Leaves	11.35a	11.61a	-	11.29a	12.28a	-
	At ninety days	SFW (g)	352.0c	399.2d	-	189.9a	237.8b	-
		SDW (g)	38.23c	44.4d	13.9a	21.8a	26.33b	17.2b
		RFW (g)	66.5a	82.3b	-	70.2a	103.5c	-
		RDW (g)	7.43a	9.73b	-	7.89a	11.67c	-
		SDW/RDW	5.14b	4.56b	-	2.76a	2.56a	-
		SD (cm)	15.24c	15.39c		11.11a	13.4b	
		Nº Leaves	15.8b	17.7b	-	13.9a	14.3a	-

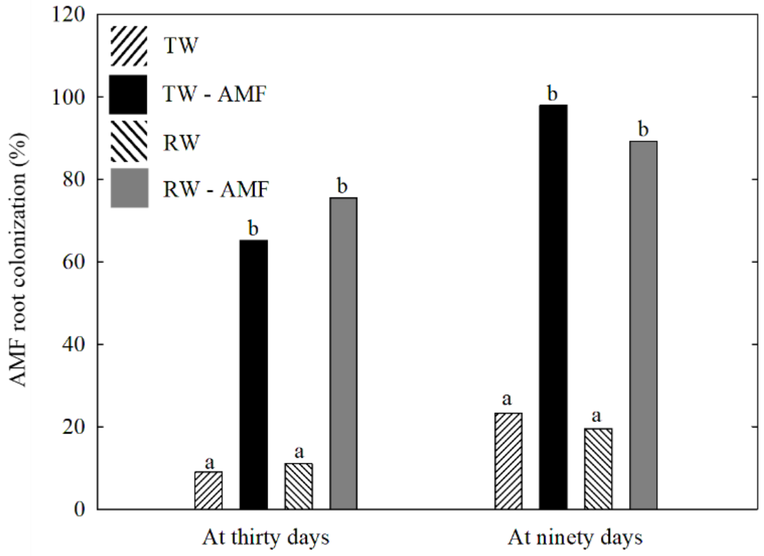


Figure 1. Percentage of AMF root colonization in lettuce plants (*Lactuca sativa* L.) for the four treatments performed in this experiment at thirty and ninety days after planting. Data not sharing a letter in common differ significantly according to Tukey's range test at 95% confidence level.

Table 5. Concentration of macronutrients (N, P, K, Ca and Mg) and micronutrients (Mn, Fe and Zn) on lettuce leaves at ninety days after planting for the four experimental treatments. Also shown are the optimum macro- and micronutrients ranges calculated for lettuce iceberg by Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) proposed by Hartz et al. (2007). Data with different letters differ significantly ($P \leq 0.05$) as determined by Tukey's range test

At ninety days	**Macronutrients (%)**					**Micronutrients (ppm)**		
	N	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**Mn**	**Fe**	**Zn**
TW	3.72a	0.16a	5.69a	2.02ab	0.50a	116.1a	237.6b	31.4a
TW-AMF	4.05b	0.30b	6.32b	4.25c	0.54a	138.1b	608.7d	44.3b
RW	3.58a	0.17a	5.67a	1.62a	0.50a	130.8b	189.5a	28.5a
RW-AMF	4.33c	0.18a	6.12b	3.05b	0.51a	171.8c	567.3c	43.5b
Optimum ranges	3.3-4.8	0.35-0.75	2.9-7.8	0.6-1.1	0.25-0.45	45-74	115-257	25-73

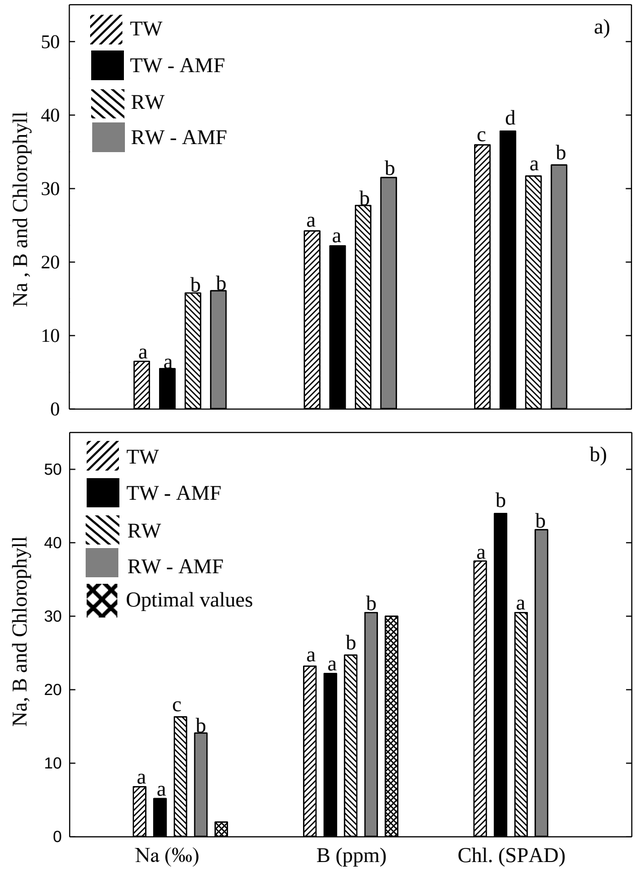


Figure 2. Concentration of phytotoxic elements (Na and B) and chlorophyll on lettuce leaves at thirty (a) and ninety (b) days after planting for the four experimental treatments. The optimal values for Na and B determined for iceberg lettuce are also shown. Data with different letters differ significantly ($P \leq 0.05$) as determined by Tukey's range test.

- Los elementos fitotóxicos (Na y B) dependían principalmente del tipo de agua utilizada.
- Las plantas suministradas con RW alcanzaron concentraciones de Na y B más altas que las plantas suministradas con TW.
- Los valores de fotosintesis más altos se encontraron en los tratamientos no salinos.
- La colonización por AMF no aumentó significativamente el contenido de estos elementos, aunque los valores de fotosíntesis sí lo hicieron.
- Los efectos micorrícicos sólo fueron significativos para el Na en las plantas suministradas con RW, donde su concentración se redujo significativamente.

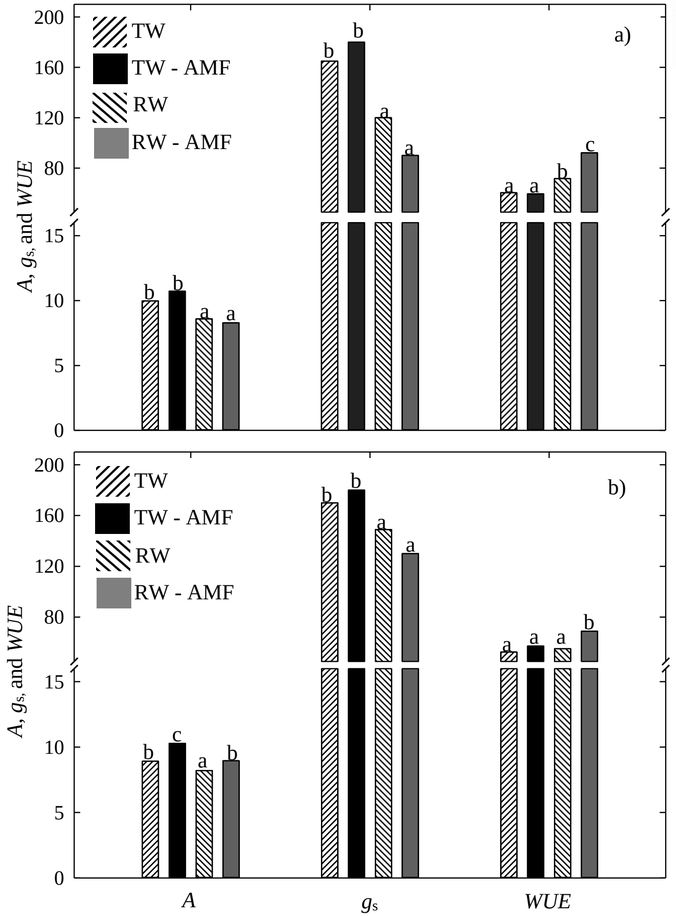


Figure 3. Photosynthesis (A, µmol m^{-2} s^{-1}), stomatal conductance (g_s, mmol m^{-2} s^{-1}) and water use efficiency ($WUE = A/g_s$, µmol CO_2 mol H_2O^{-1}) at thirty (a) and seventy-five (b) days after planting for the four experimental treatments. Data with different letters differ significantly ($P \leq 0.05$) as determined by Tukey's range test.

Conclusiones

- Los resultados resaltaron la importancia del los HMA en el alivio del estrés salino y sus efectos beneficiosos en el crecimiento y la productividad de las plantas de lechuga. Las plantas tratadas aumentaron la capacidad de adquirir N, Ca y K tanto en medios salinos o no.
- La micorrización redujo significativamente la absorción de Na por parte de las plantas.
- En condiciones de estrés salino, las plantas inoculadas también mostraron un mejor rendimiento de parámetros fisiológicos como la fotosíntesis neta, la conductancia estomática y la eficiencia en el uso del agua.
- Altas concentraciones de nutrientes ya disueltos en el agua recuperada sugería que los agricultores debían realizar ajustes en el cálculo de la fertiirrigación.
- La micorrización es adecuada para inducir resistencia al estrés por sal en los cultivos de lechuga iceberg, ya que las plantas suministradas con el agua recuperada satisfacen los umbrales de tamaño comercial mínimos legales.

Keywords: Arbuscular mycorrhizal symbiosis, salt stress, biomass production, gas exchange, nutrient acquisition

Scientia Horticulturae 237 (2018) 303–310

Effectiveness of bacterial inoculation in alleviation of salinity on water status, mineral content, gas exchange and photosynthetic parameters of Viburnum tinus L. plants.

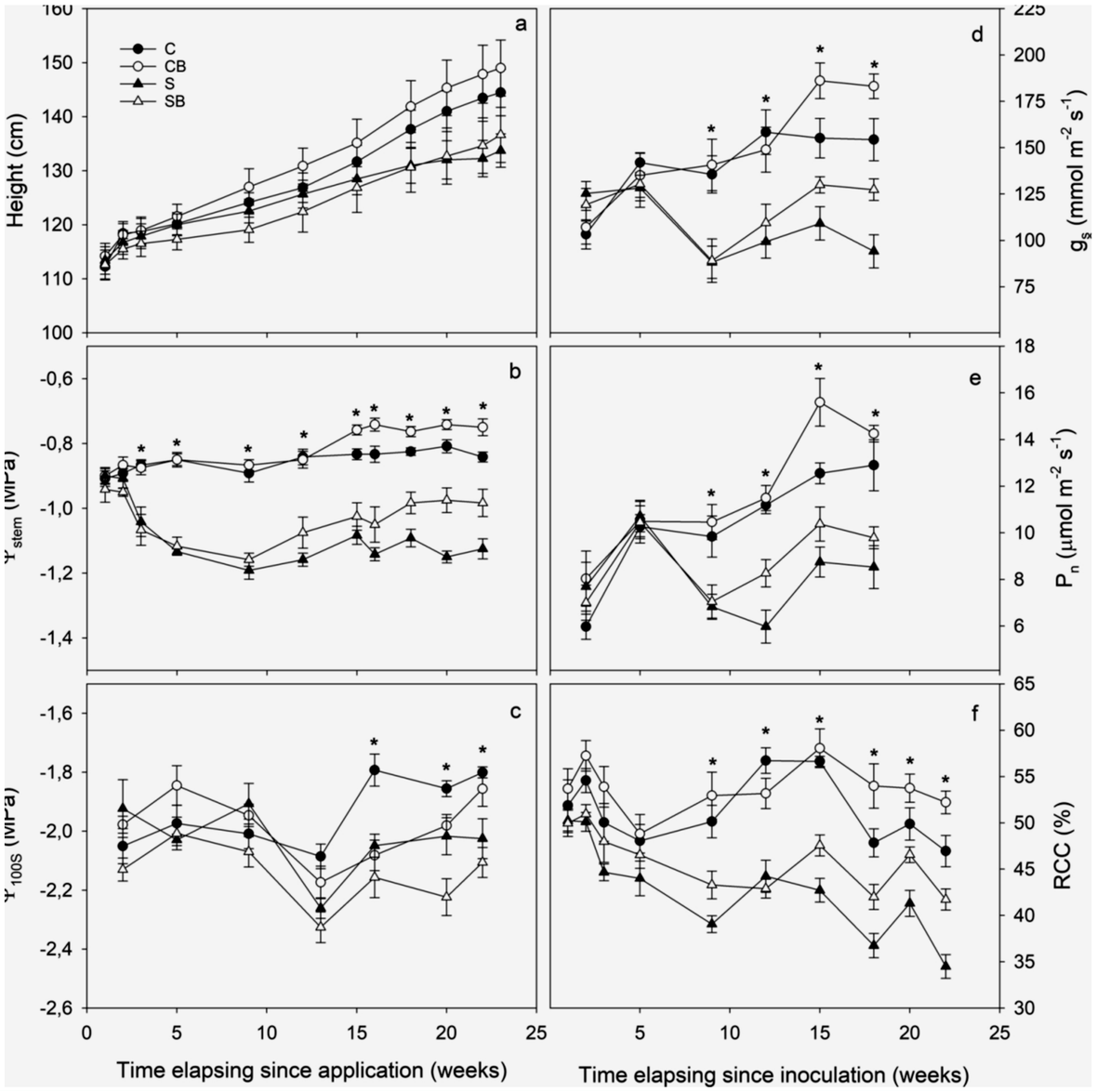
María José Gómez-Bellot[a], María Fernanda Ortuño[a], Pedro Antonio Nortes[a], Antonio Bernavé[b], Félix Fernández[b], María Jesús Sánchez-Blanco[a,*]

a Departamento de Riego, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CSIC), P.O. Box 164, E-30100 Murcia, Spain
b SYMBORG, SL, Campus Universitario de Espinardo 7, Edificio CEEIM, E-30100, Murcia, Spain

Metodología

- El experimento descrito se realizó utilizando laurustinus (Viburnum tinus L.) de tres años de edad, en el que se aplicó el efecto combinado de dos tratamientos de irrigación (EC < 0,9 dS m^{-1} como control y EC: 6 dS m^{-1} como agua salina) y la inoculación y no inoculación de complejos microbianos en condiciones de campo durante seis meses.
- Se evaluaron las propiedades químicas del suelo y el comportamiento fisiológico de las plantas.

Resultados



- El agua de riego de mayor salinidad produjo plantas más bajas que las plantas de control en la última fase del experimento, mientras que las plantas inoculadas tuvieron un mejor aspecto visual minimizando la disminución de los niveles de clorofila.
- La salinidad causó una disminución de gs y Pn desde el comienzo del experimento, el aumento de gs debido a la inoculación bacteriana aumentó la actividad fotosintética, que fue acompañada por una mejor absorción de agua por las raíces (valores más altos de Ψstem).

Fig. 1. Height (a), stem water potential (Ψstem) (b), leaf osmotic potential at full turgor (Ψ100S) (c), stomatal conductance (gs) (d), net photosynthetic rate (Pn)(e) and relative cholorophyll content (RCC) (f) at midday of Viburnum tinus plants irrigated with water of different qualities (C control, S saline water), with (B) and without a rhizosphere microbial complex inoculation, during the experiment. Values are means of seven plants for all parameters, except for height for which values are means of twenty plants. Asterisks indicate statistically significant differences between treatments by Duncan 0.05 test. The vertical bars indicate standard errors.

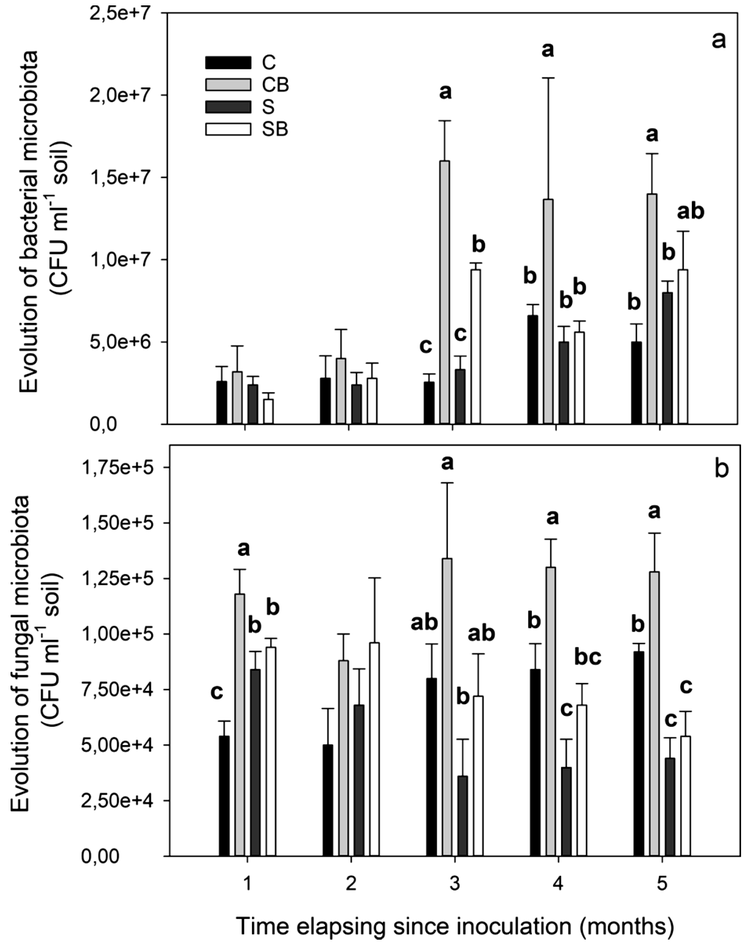


Fig. 2. Bacterial (a) and fungal (b) microbiota evolution in both control and saline treatments (C control, S saline water), with (B) and without a rhizosphere microbial complex inoculation, during the experiment. Values are means of three samples. Different lower case letters indicate significant differences between treatments according to Duncan 0.05 test. The vertical bars indicate standard errors.

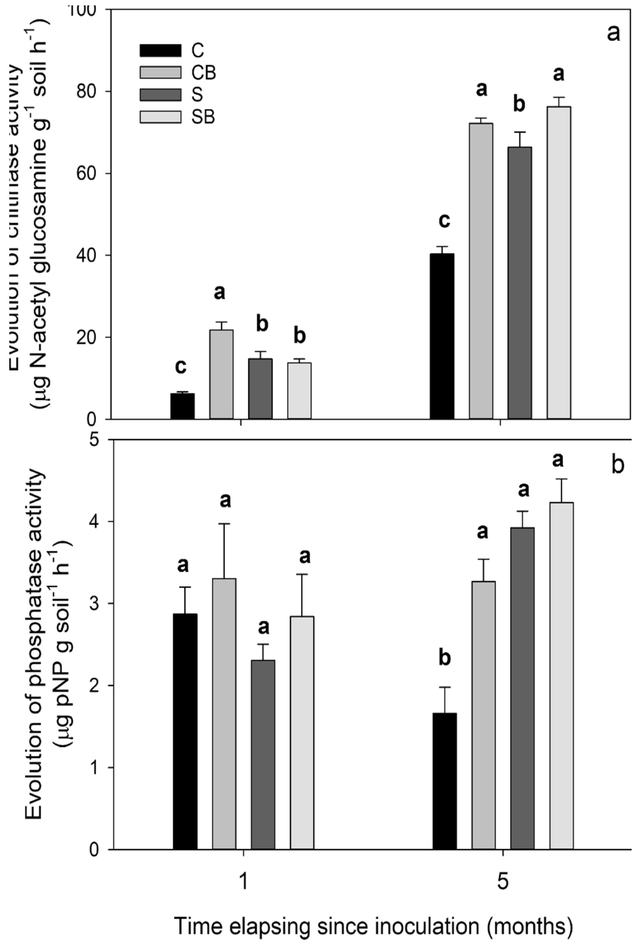


Fig. 3. Chitinase (a) and (b) phosphatase activity evolution, in both control and saline treatments (C control, S saline water), with (B) and without a rhizosphere microbial complex inoculation, during the experiment. Values are means of three samples. Different lower case letters indicate significant differences between treatments according to Duncan 0.05 test. The vertical bars indicate standard errors.

- La salinidad no afectó a la actividad enzimática (actividad de la fosfatasa y la quitinasa) ni al contenido de nitrógeno y carbono total del suelo, mientras que el carbono total fue mayor en las plantas inoculadas que en las no inoculadas.
- Los mos no influyeron significativamente en el contenido de fósforo del suelo, aunque mostró una ligera tendencia a aumentar al final del experimento.

Conclusiones

- El contenido de Ca, Fe, Mg y Mn en la hoja fue mayor en las plantas testigo inoculadas que en las plantas testigo no inoculadas, mientras que el P disminuyó y el contenido de K fue similar.
- La inoculación microbiana produjo una disminución significativa de Na y Cl en la parte aérea de las plantas.
- Aunque el laurustinus tiene mecanismos naturales contra el estrés salino, la inoculación con el complejo microbiano del suelo seleccionado mejora el comportamiento fisiológico de la planta, lo que es importante para el establecimiento de la planta y la protección del suelo.

Resultados Ensayos Cereales

Ensayos

Maíz

Eficacia de BlueN (formulado a base de *Methylobacterium symbioticum*) en el ahorro de fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz.

Blue

Objetivos

Evaluación de BlueN sobre el cultivo de maíz sometido a un ahorro de fertilización nitrogenada del 40% de la fertilización convencional.

Parámetros evaluados

- SPAD
- Presencia de BlueN en hoja (ufc por gramo de hoja)
- Seguimiento de índices de vegetación mediante vuelo de dron.
- Resultado de la cosecha y ahorro de Nitrógeno

Parcelas y fincas

- Parcela 1 de 5,43 ha de suelo agrícola al aire libre en Montesusin, Huesca, España
- Parcela 2 de 3.28 ha de suelo agrícola al aire libre en Belver de Cinca, Huesca, España
- Parcela 3 de 2,34 ha de suelo agrícola al aire libre en Altorricón, Huesca, España

Fechas de Ensayo

- 1-5/05 2018 — Siembra del cultivo
- 4-8/06 2018 — Aplicación de BlueN Muestreo ufc
- 1/07 2018 — Muestreo de SPAD y ufc
- 15/07 2018 — Vuelo de dron
- 24-26/10 2018 — Cosecha

Shared by Symborg

BlueN

Testigo (Ensayo 1)

Cobertera: 224 UFN
700 kg (N 32)

Abonado de Fondo: 80,4 UFN
500 kg (6-9-11)
280 kg (18-46-0)

Tratado con BlueN (Ensayo 1)

Cobertera: 106 UFN
333 kg (N 32)

Abonado de Fondo: 80,4 UFN
500 kg (6-9-11)
280 kg (18-46-0)

BlueN

Testigo (Ensayo 2)

Cobertera: 300 UFN
652 kg (Urea N 46)

Abonado de Fondo: 180 UFN
10 ton. gallinaza

Tratado con BlueN (Ensayo 2)

Cobertera: 115 UFN
250 kg (Urea N 46)

Abonado de Fondo: 180 UFN
10 ton. gallinaza

BlueN

Testigo (Ensayo 3)

Cobertera: 195 UFN
650 kg (30 N-15 S)

Abonado de Fondo: 42 UFN
35 ton. Estiércol oveja
600 kg D-coder

Tratado con BlueN (Ensayo 3)

Cobertera: 100 UFN
334 kg ((30 N-15 S)

Abonado de Fondo: 42 UFN
35 ton. Estiércol oveja
600 kg D-coder

Maíz: resultados

Presencia de BlueN en las hojas: Conteo de las unidades formadoras de colonias (ufc)

Evaluación de SPAD

Seguimiento de índices de vegetación mediante vuelo de dron.

Producción y ahorro de fertilización nitrogenada

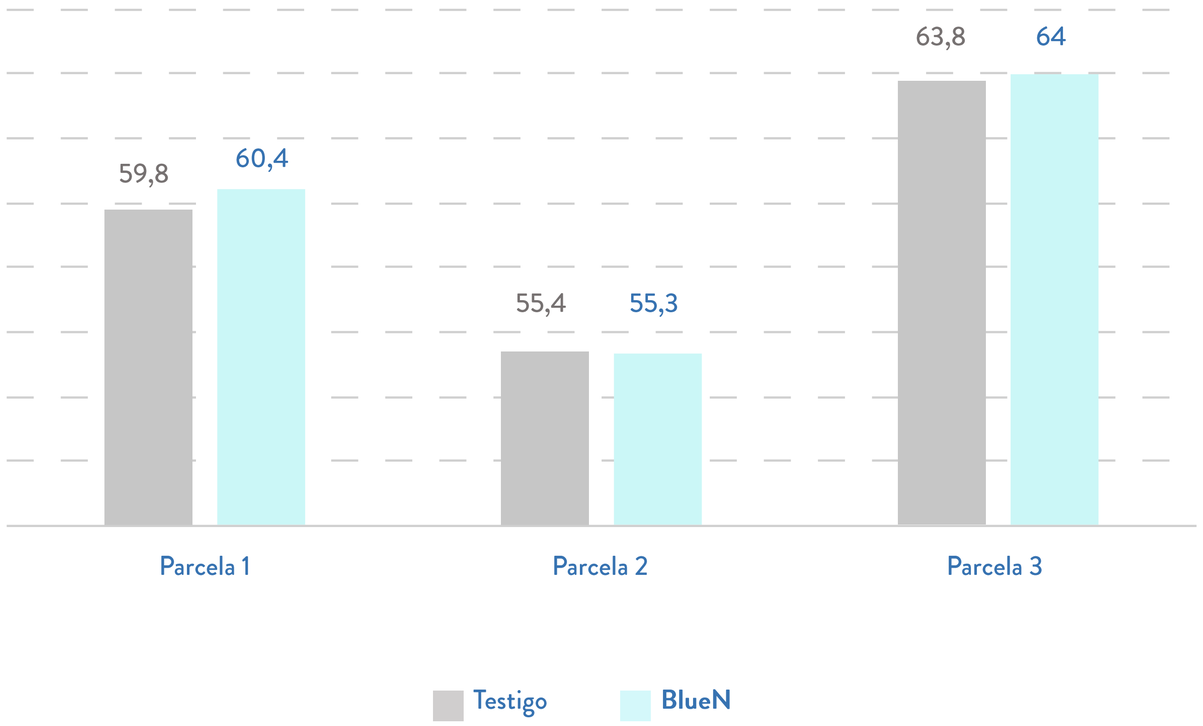
Shared by Symborg

Presencia de BlueN en las hojas: Conteo de unidades formadoras de colonias (ufc)

	04/06/2018		04/06/2018	01/07/2018
	Tanque de Aplicación	ufc/ml Tanque aplicación BlueN	ufc/gr Hoja BlueN	ufc/gr hoja BlueN
Ensayo 1	400l.	2,50E + 04	4,40E + 02	7,00E + 02
Ensayo 2	400l.	2,50E + 04	3,30E + 03	4,20E + 03
Ensayo 3	300l.	2,50E + 05	8,00E + 02	1,20E + 03

- BlueN se distribuye correctamente en hoja de maíz.
- Tras un mes de la aplicación de BlueN en hoja de maíz, las poblaciones se mantienen e incrementan su crecimiento dentro de la planta.

Shared by Symborg

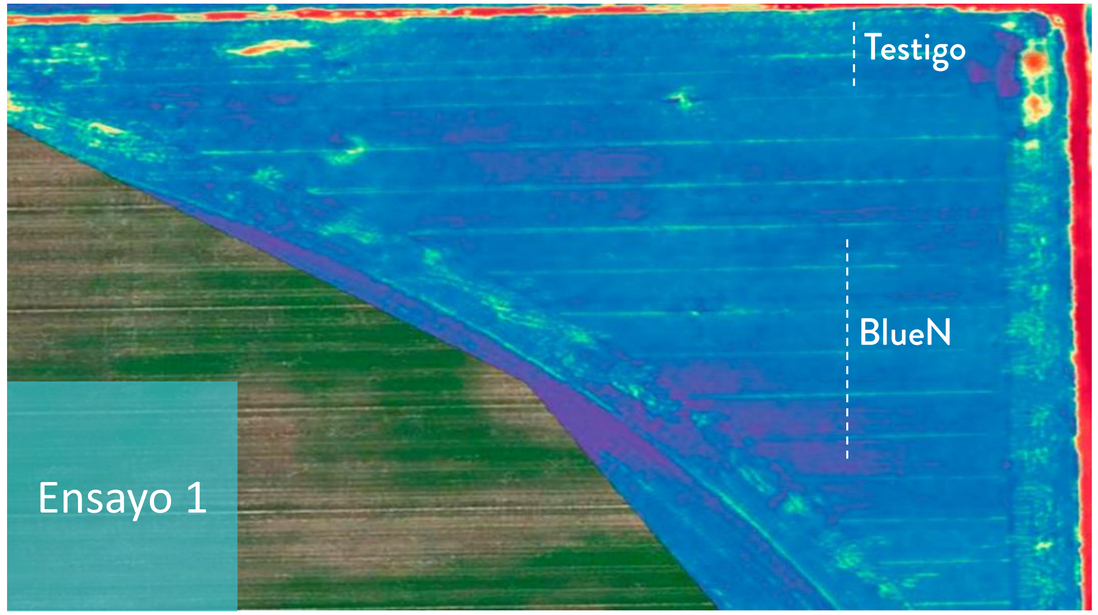


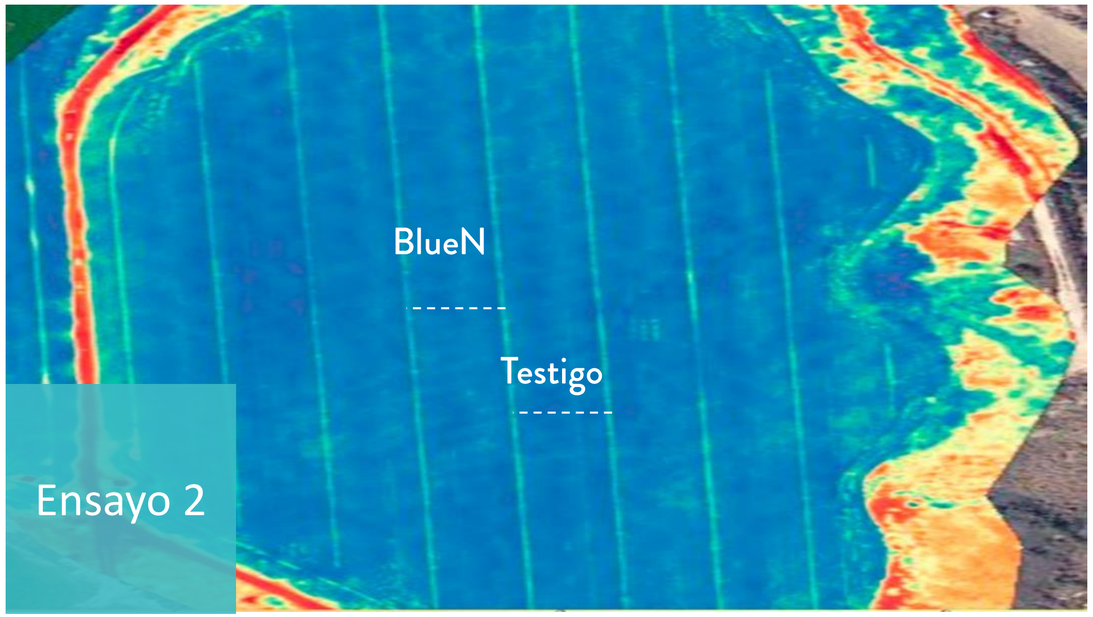
Niveles de SPAD con tratamiento de BlueN iguales al testigo con fertilización convencional en todas las parcelas.

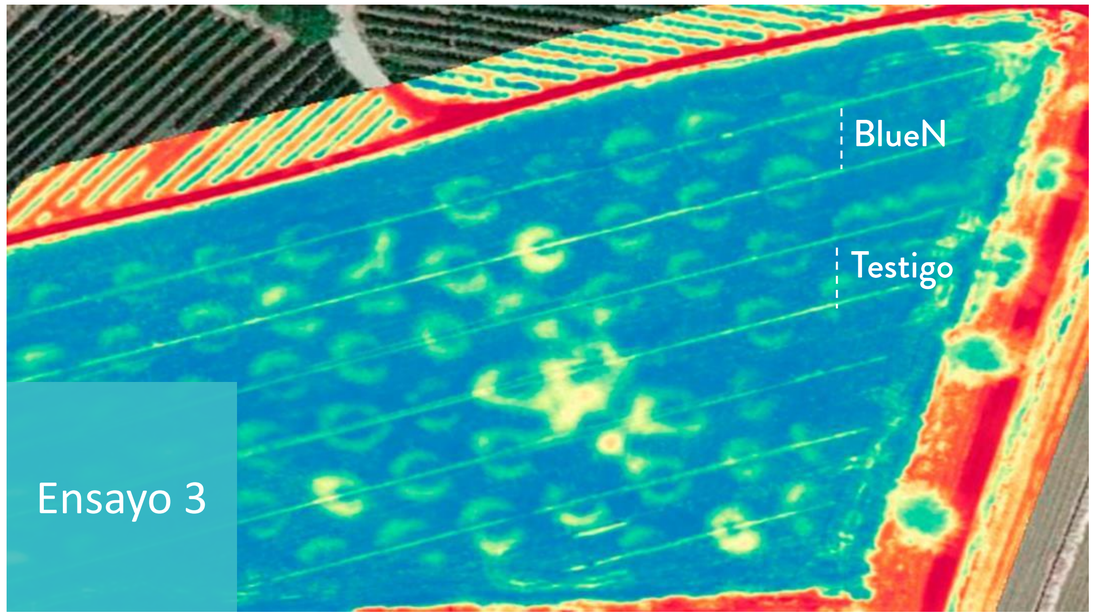
Seguimientos de índice de vegetación mediante vuelo de dron

Índice OSAVI

Mapea la variabilidad en la densidad del dosel



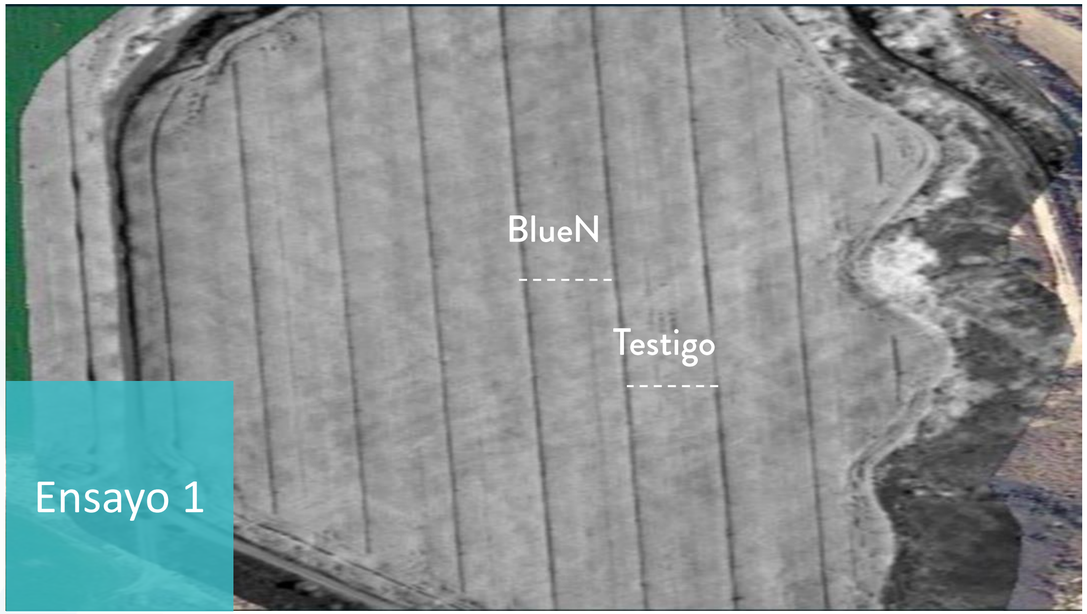


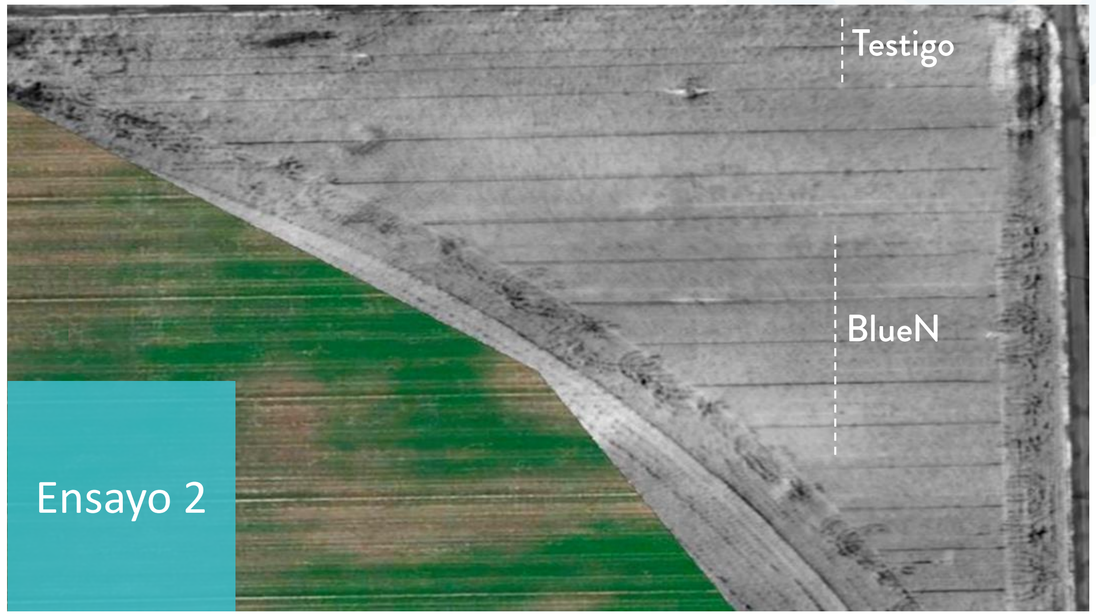


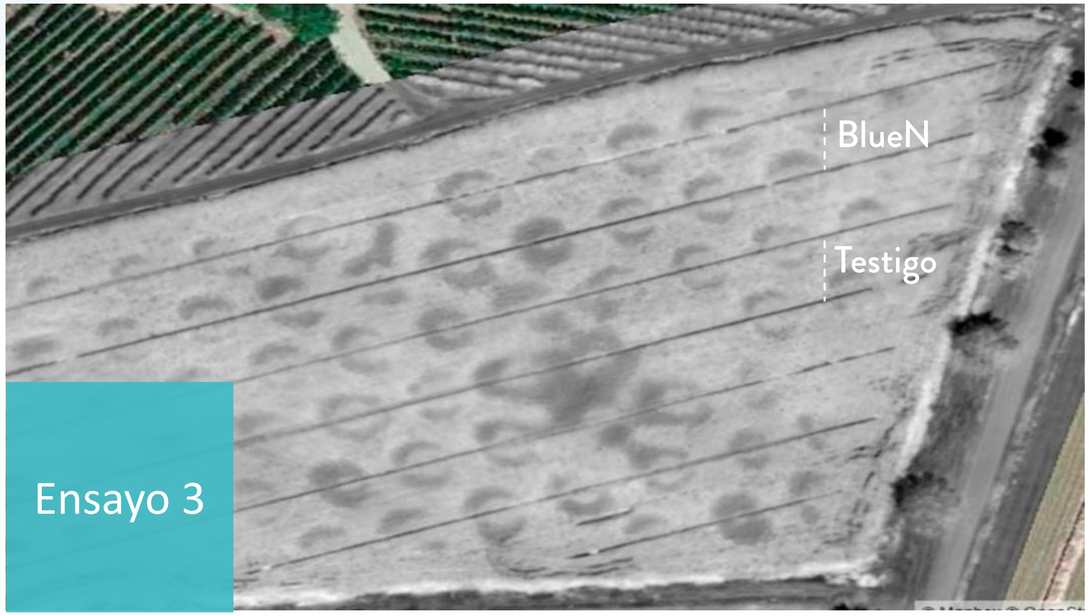
Seguimientos de índice de vegetación mediante vuelo de dron (44DDT)

Índice NIR

Rendimiento de la intensidad del infrarrojo cercano



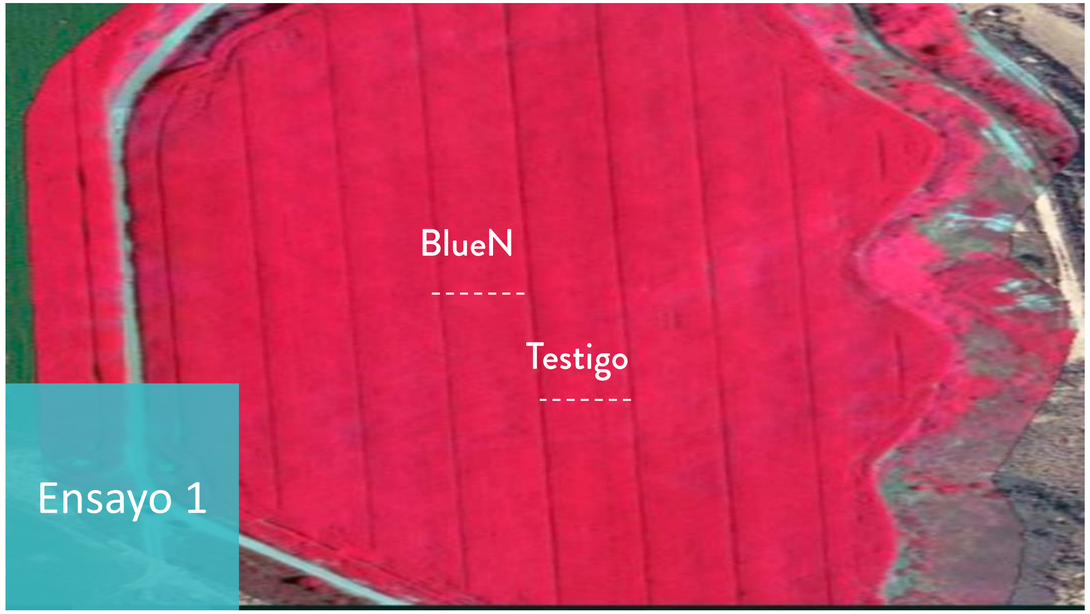


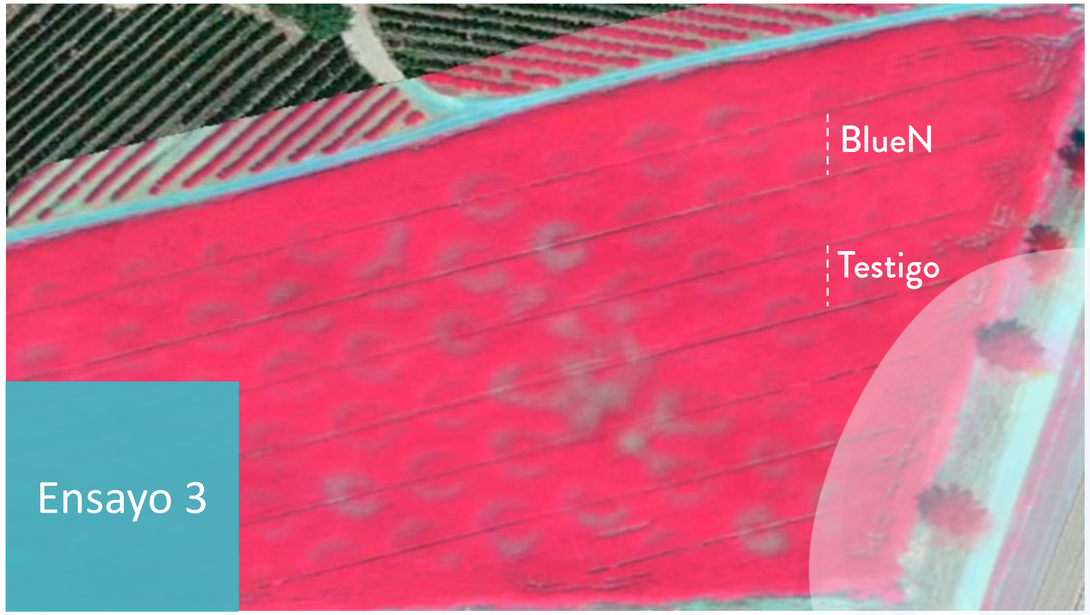


Seguimientos del índice de vegetación mediante vuelo de dron (44DDT)

Índice CIR

Color Compuesto infrarrojo

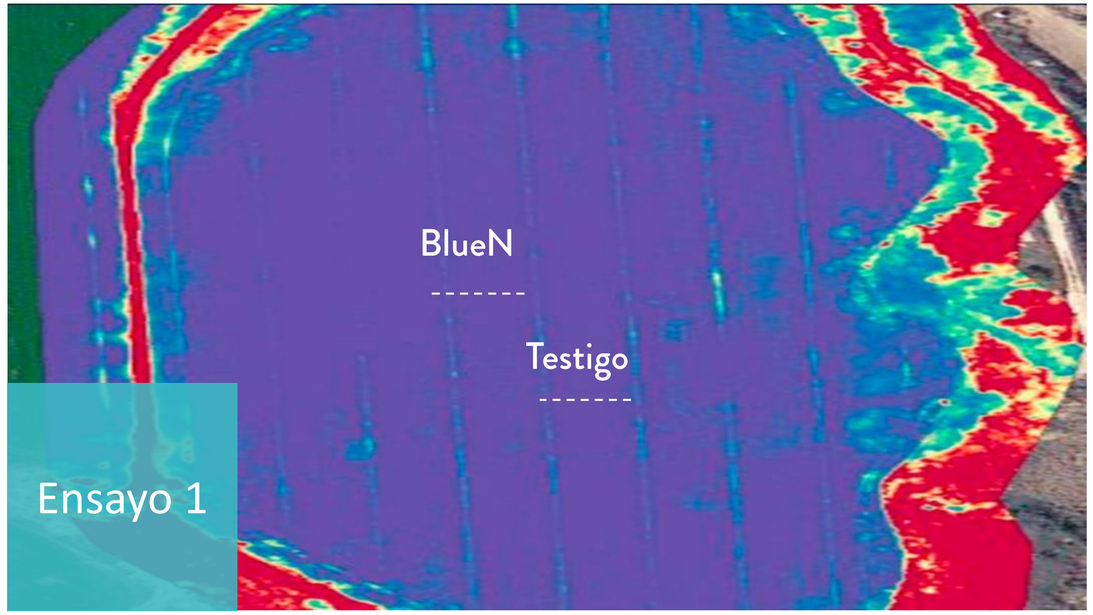


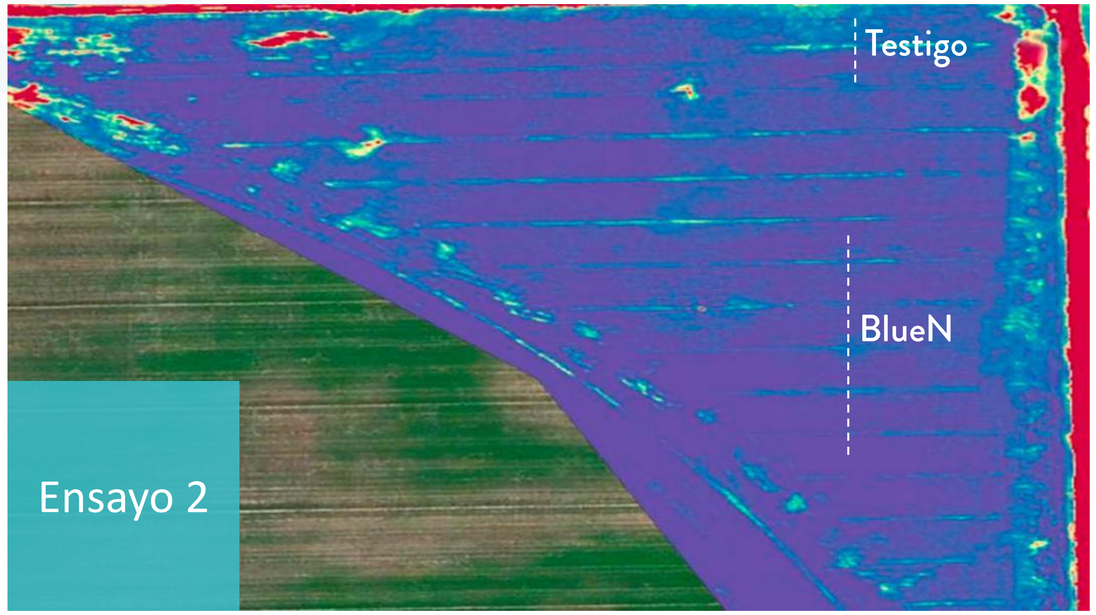


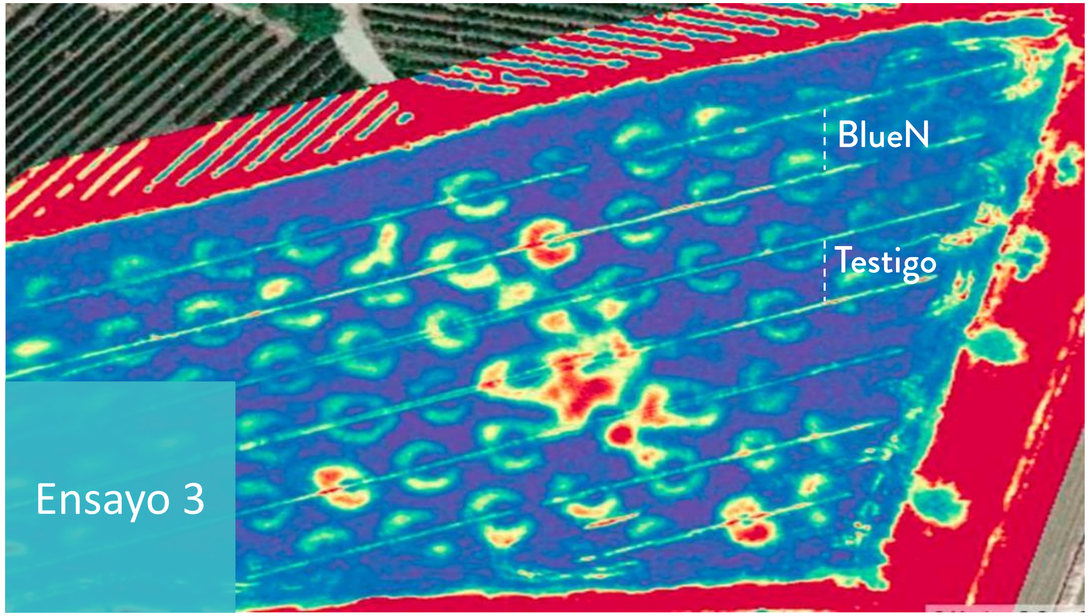
Seguimientos de índice de vegetación mediante vuelo de dron

Índice NDVI

Indicador general de la densidad del dosel



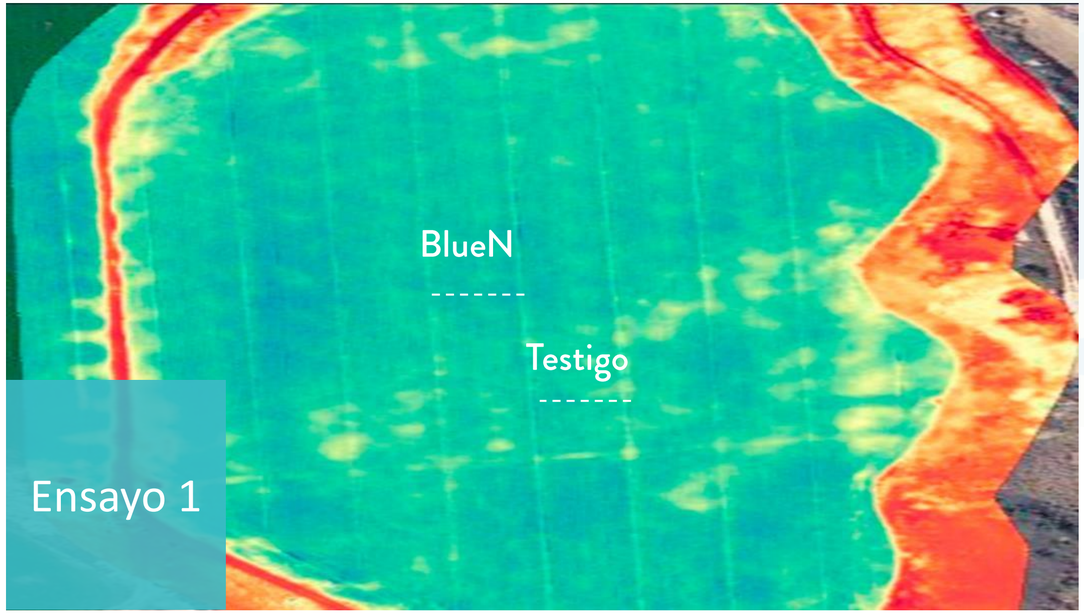


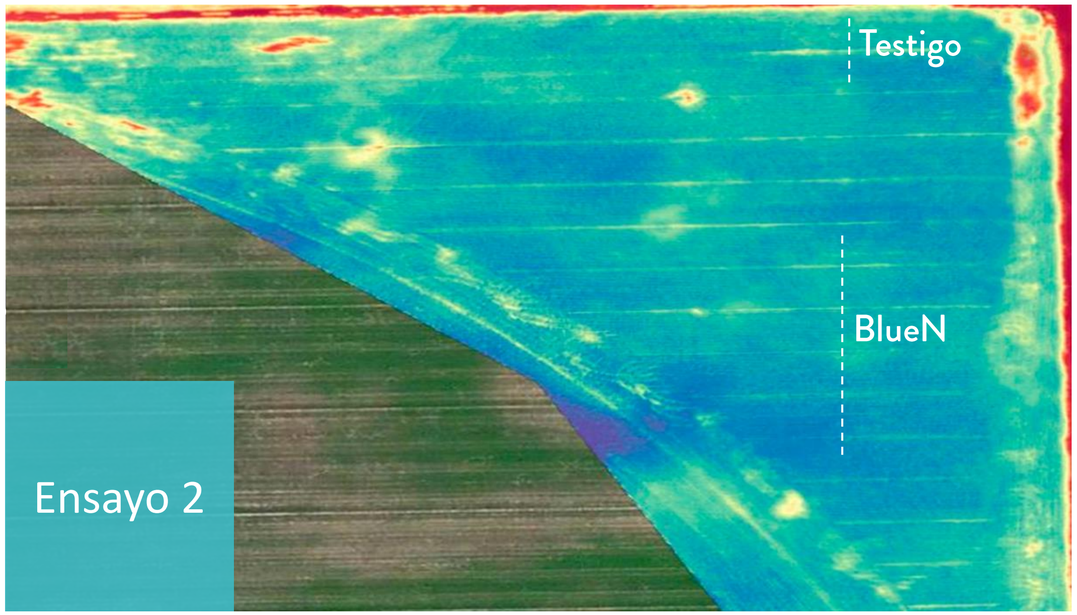


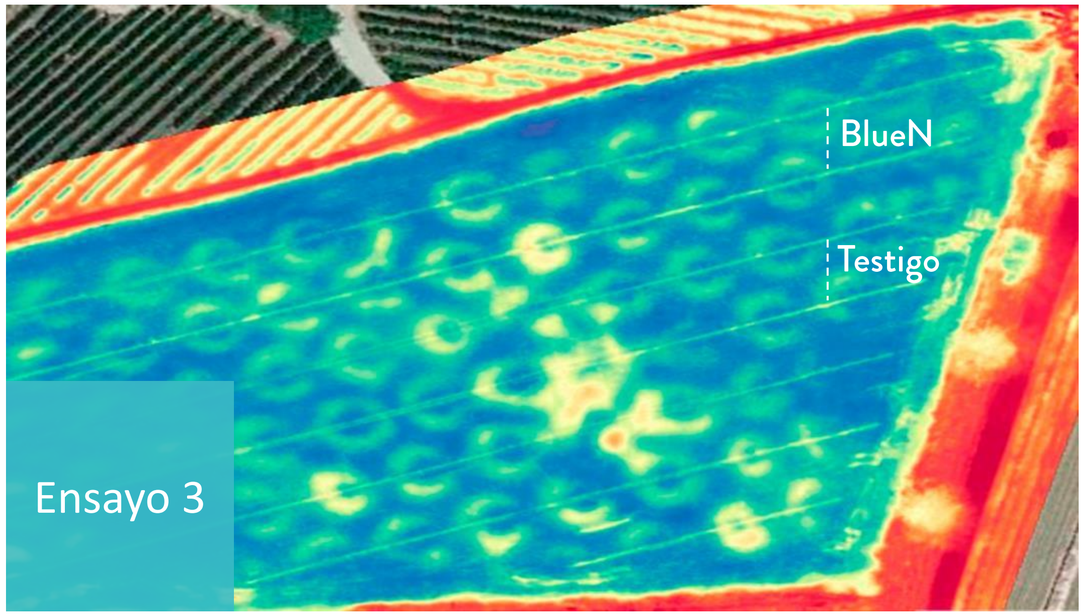
Seguimientos del índice de vegetación mediante vuelo de dron

Índice NDRE

Sensible al contenido de clorofila en las hojas, a la variabilidad en el área foliar y a los efectos de fondo en el suelo

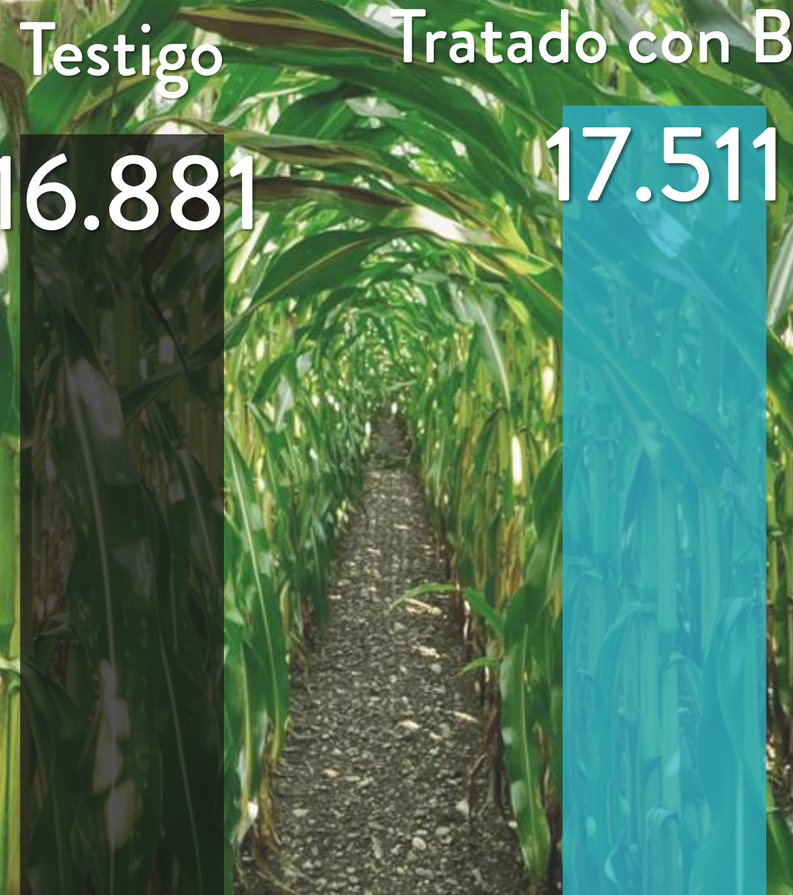






BlueN

Ensayo 1
Rendimiento (kg/ha)

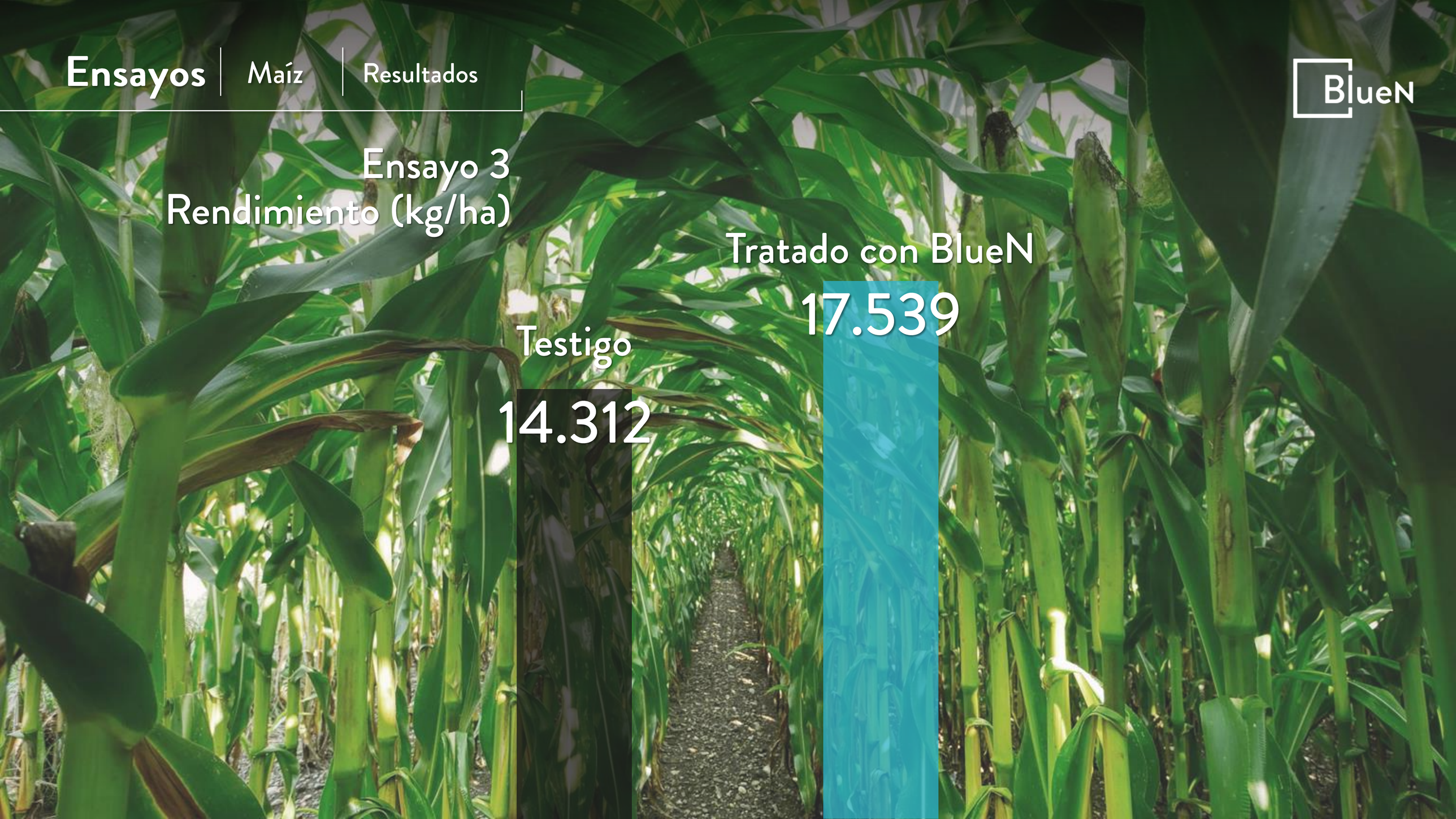


BlueN

Ensayo 2
Rendimiento (kg/ha)

BlueN

Ensayo 3
Rendimiento (kg/ha)



Reducción del 40% de la fertilización nitrogenada convencional