

INNOVACIÓN QUE CRUZA FRONTERAS



Equilibrio Microbiano en la Vid: De los Patógenos al Biocontrol

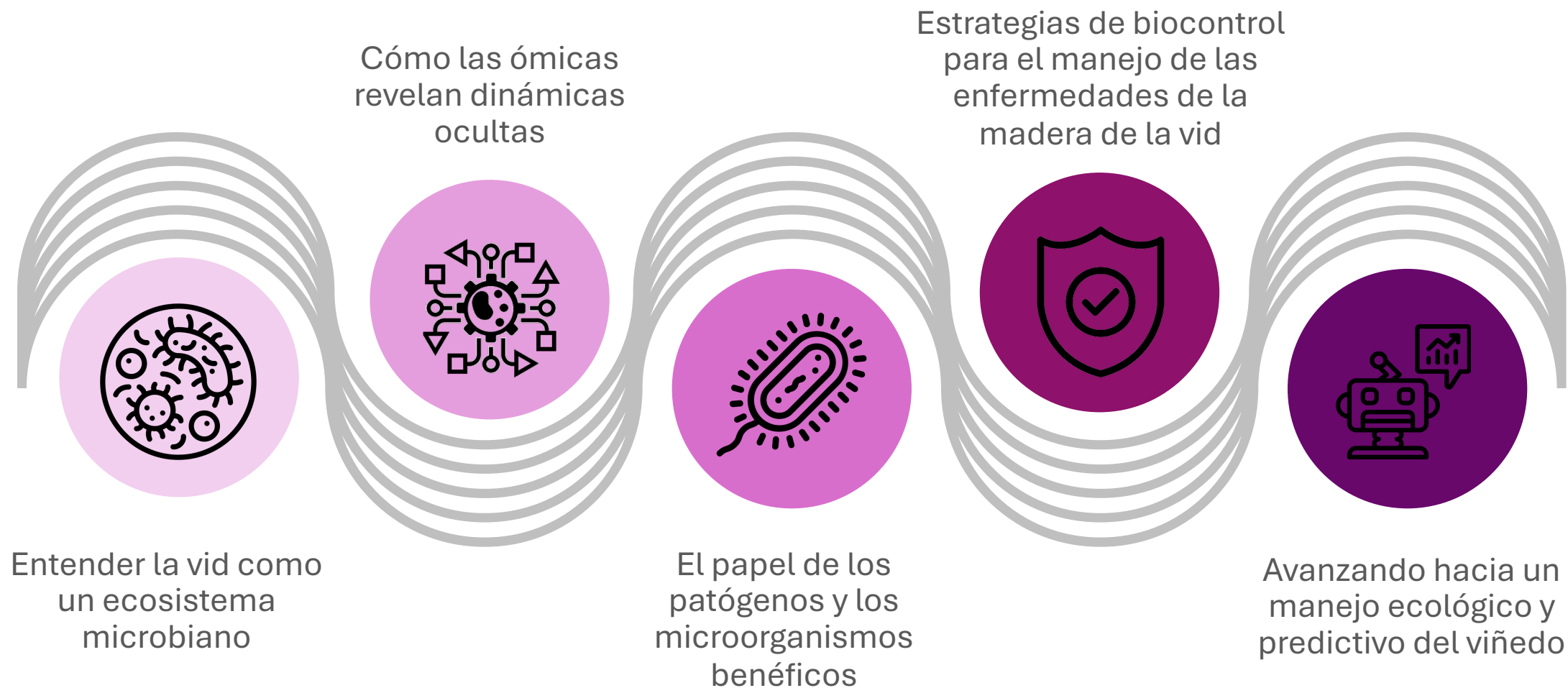
Catarina Leal

12 y 13 de febrero 2026

Hermosillo, Sonora, México.



Algo está cambiando en nuestros viñedos



Algo está cambiando en nuestros viñedos



El patógeno no explica toda la historia.

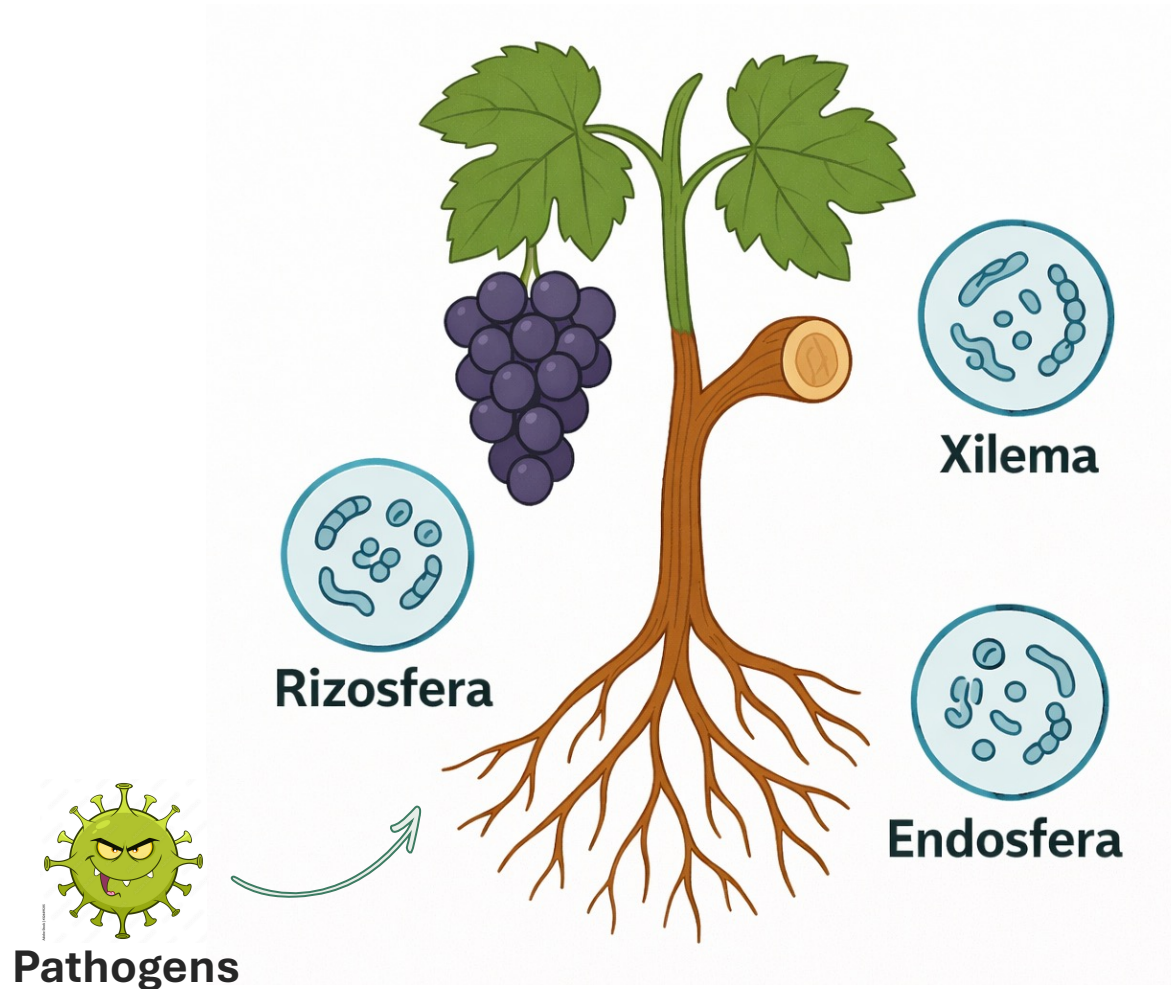


La vid es un ecosistema vivo

- La planta **nunca** esta **sola**
- Vive con **miles** de **microorganismos**
- Ese **sistema** define **salud** o enfermedad



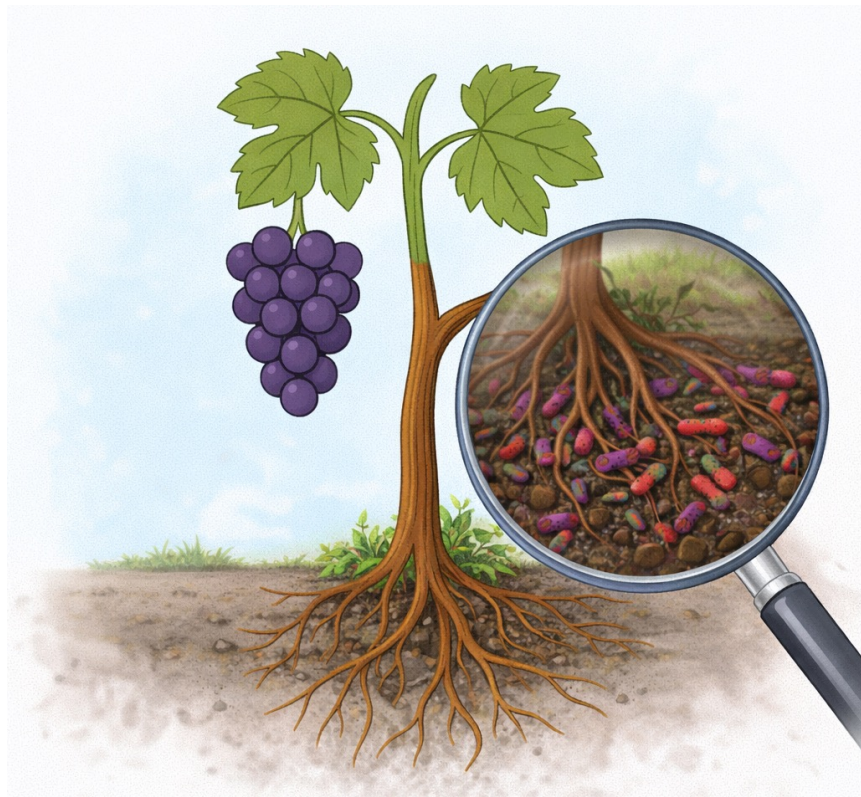
Compartimentos microbianos



- **Rizósfera** → nutrición y protección
- **Endósfera** → defensa interna
- **Xilema** → donde empiezan muchas enfermedades



El problema empieza antes de que lo veamos



Cuando vemos síntomas, el daño ya está avanzado.

La secuenciación masiva permite detectarlo antes.



Hoy podemos ver lo que antes era invisible

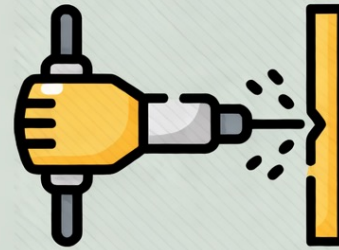
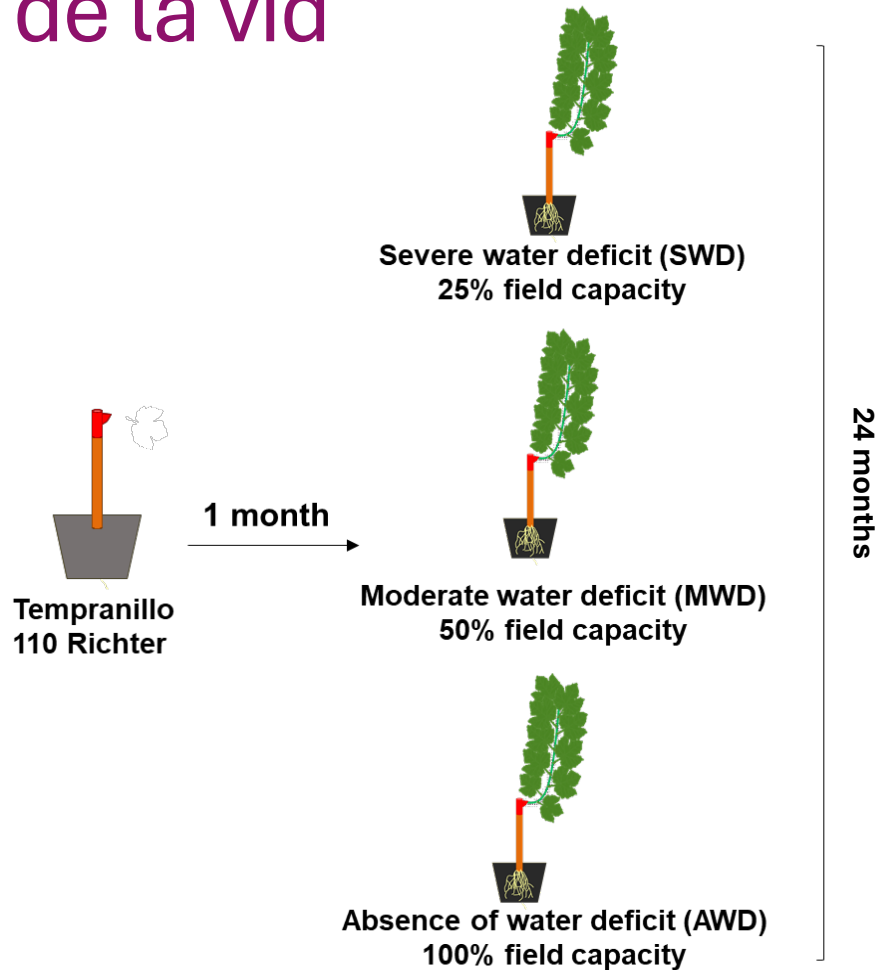


Tecnologías de secuenciación masiva nos permiten:

- ✓ Identificar miles de microorganismos en una sola muestra
- ✓ Analizar comunidades completas, no solo patógenos
- ✓ Detectar desequilibrios antes de los síntomas



Caso de estudio: Cómo el estrés hídrico cambia el microbioma de la vid



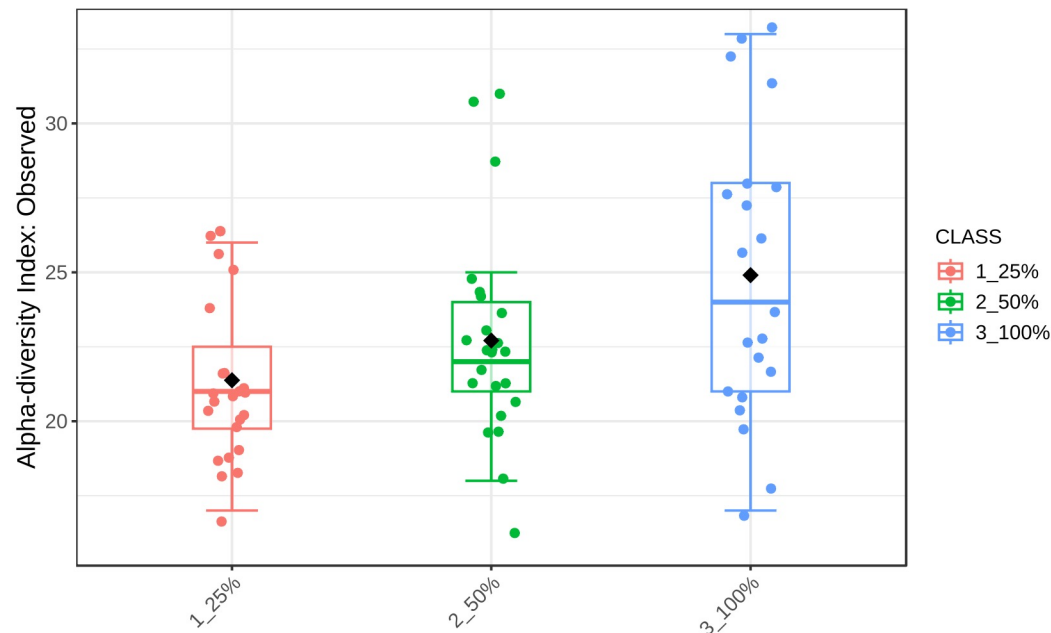
Secuenciación masiva
(Metabarcoding)

- Antes del experimento (T0)
- 9 meses después del inicio (T1)
- 21 meses después del inicio (T2)

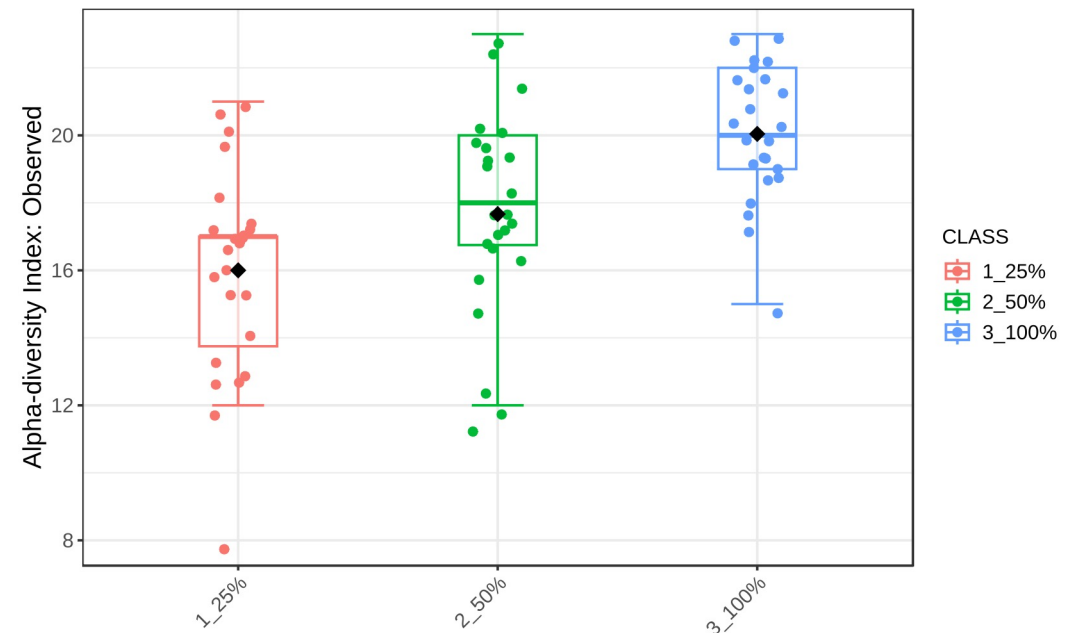


Caso de estudio: Cómo el estrés hídrico cambia el microbioma de la vid

T1



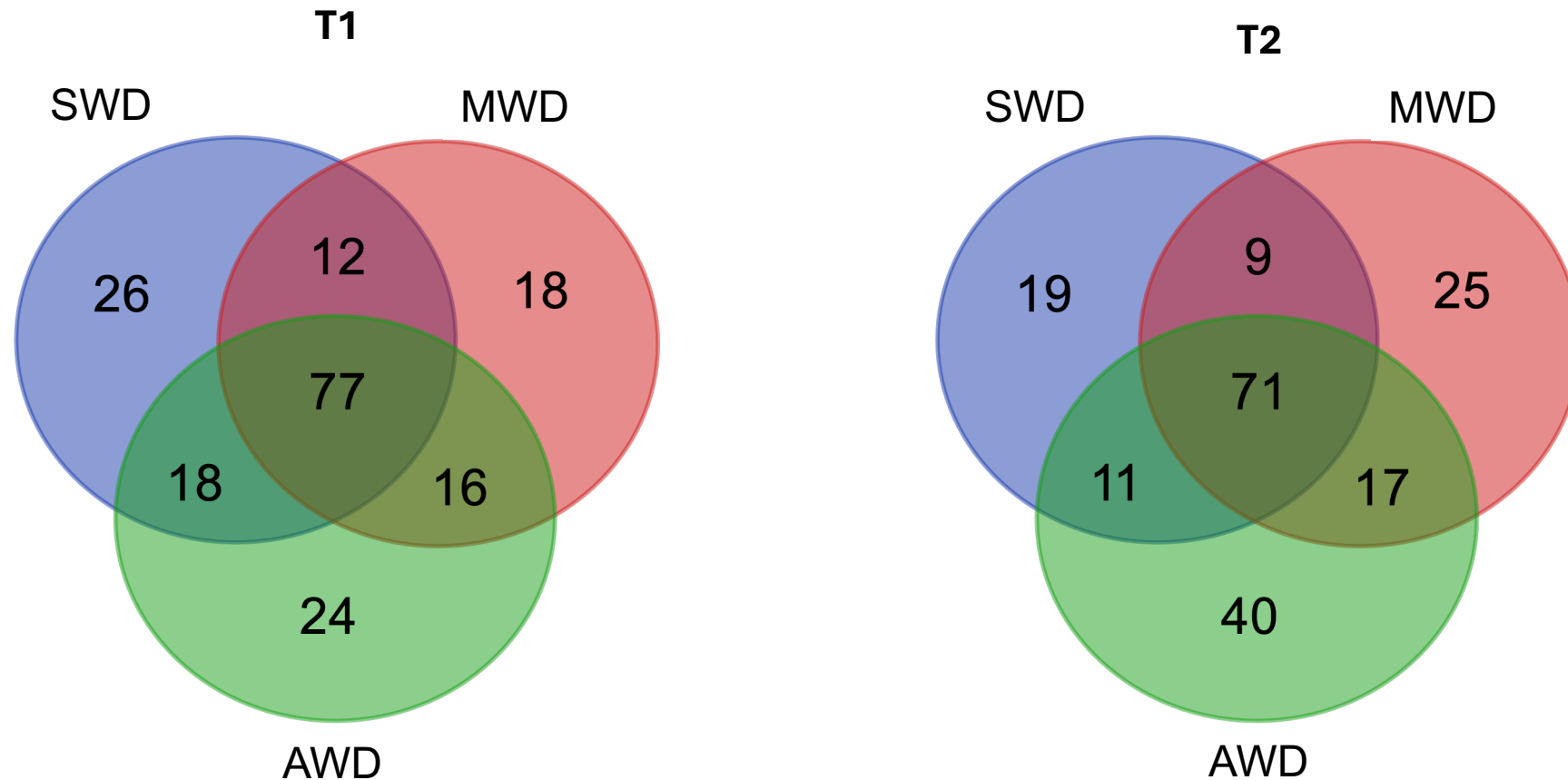
T2



Las vides con déficit hídrico muestran una menor diversidad fúngica con el tiempo.



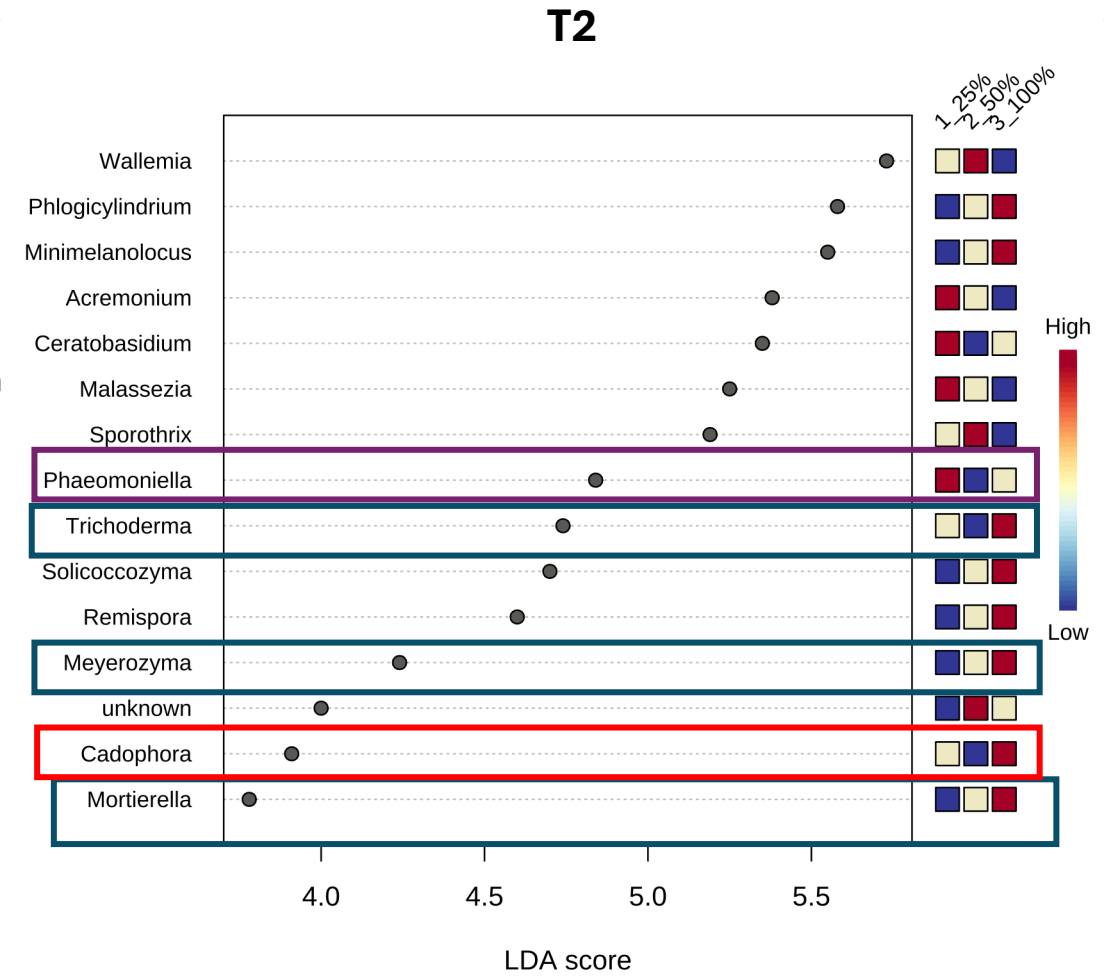
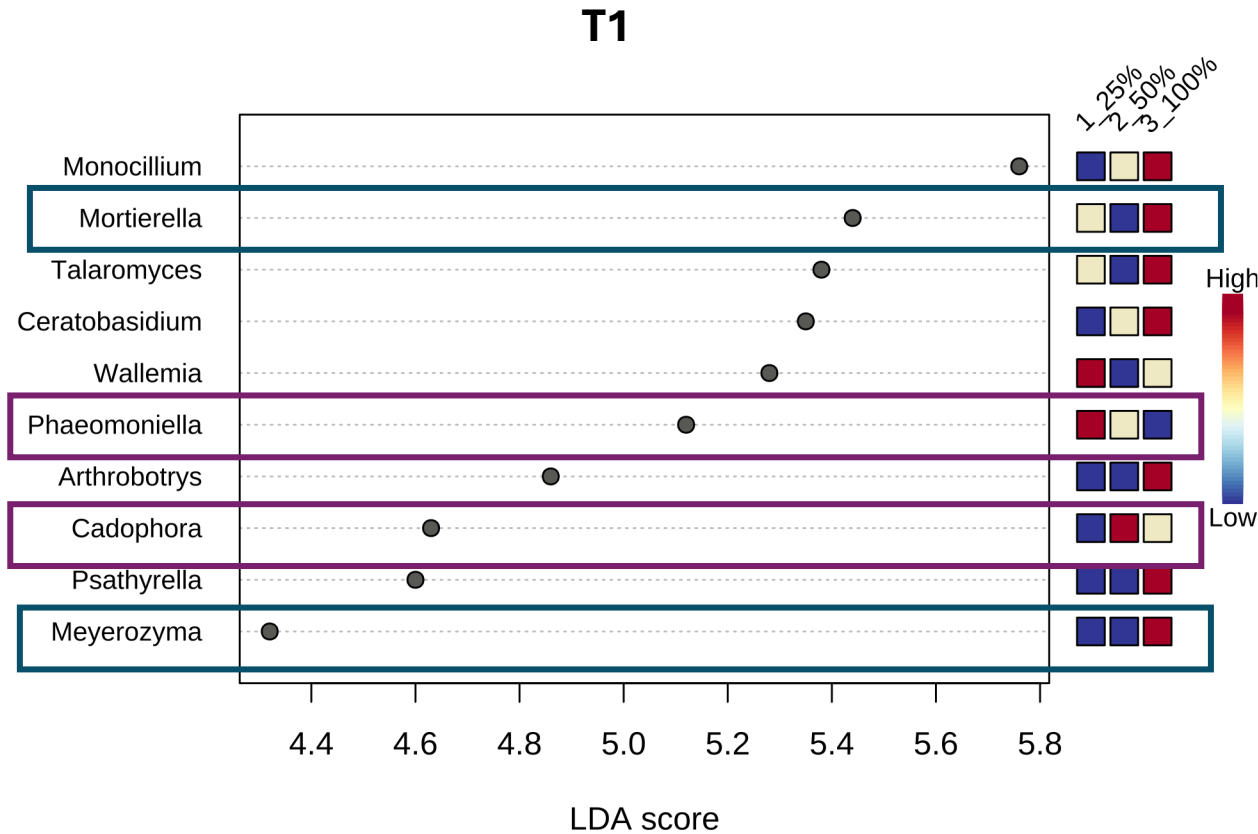
Caso de estudio: Cómo el estrés hídrico cambia el microbioma de la vid



El déficit hídrico cambia la composición de la comunidad fúngica en la vid.

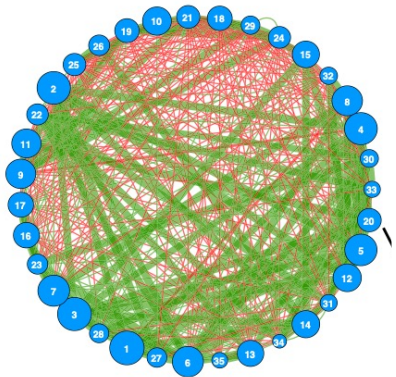


Caso de estudio: Cómo el estrés hídrico cambia el microbioma de la vid



Caso de estudio: Cómo el estrés hídrico cambia el microbioma de la vid

T0



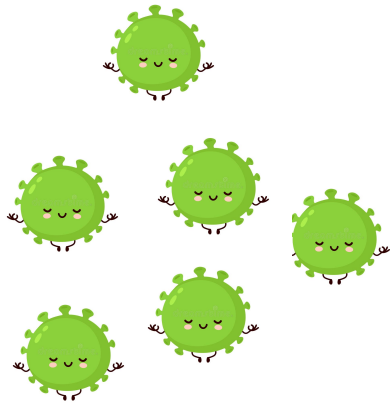
P. chla

192/194

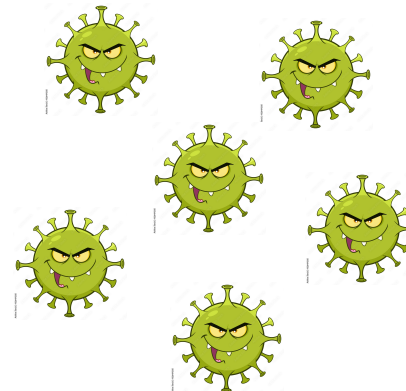


Patógenos como espectro

Estrés o desequilibrio
fisiológico



Estado endófito
(fase biotrófica)

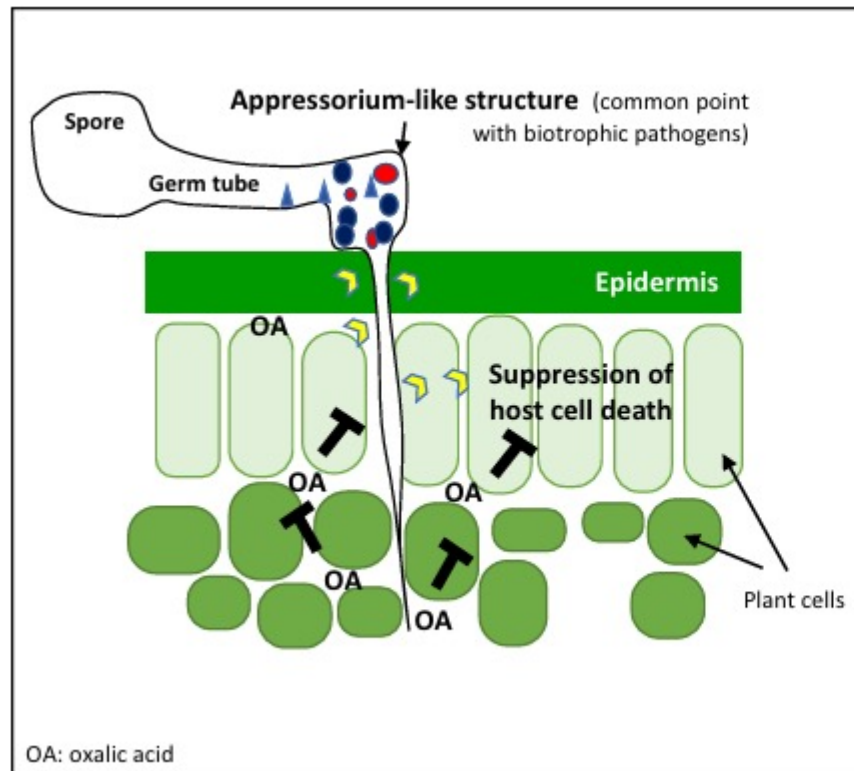


Patógeno
(fase necrotrófica)

**No todos los patógenos
atacan siempre**
Muchos viven años sin
causar síntomas

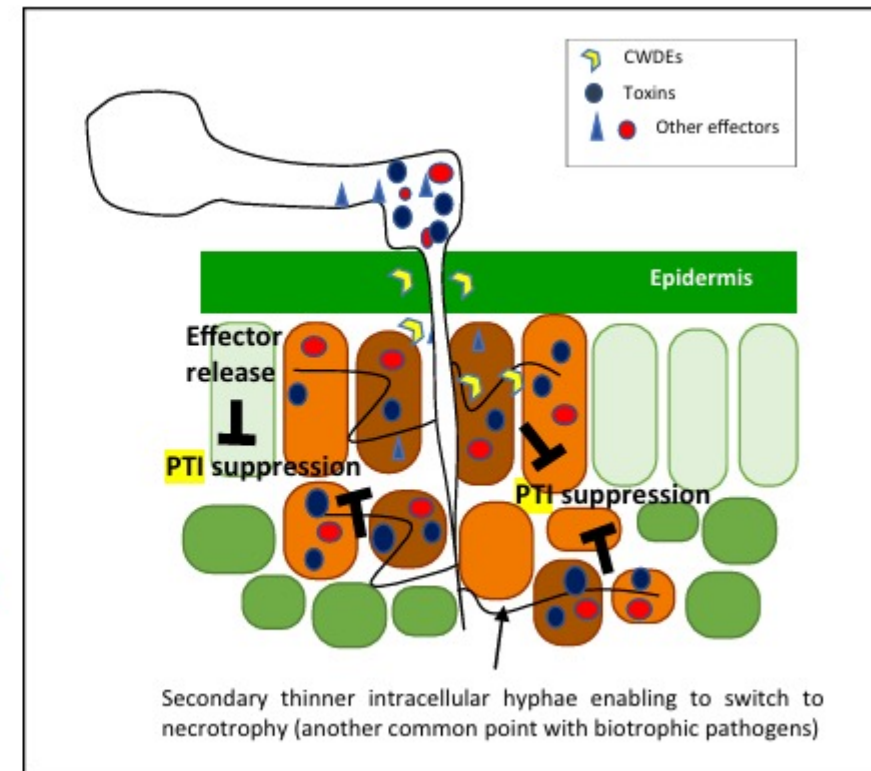


Neofusicoccum parvum — Un patógeno versátil en la vid



Switch to
necrotrophy

Effector triggered
suppression (ETS) of
plant immunity

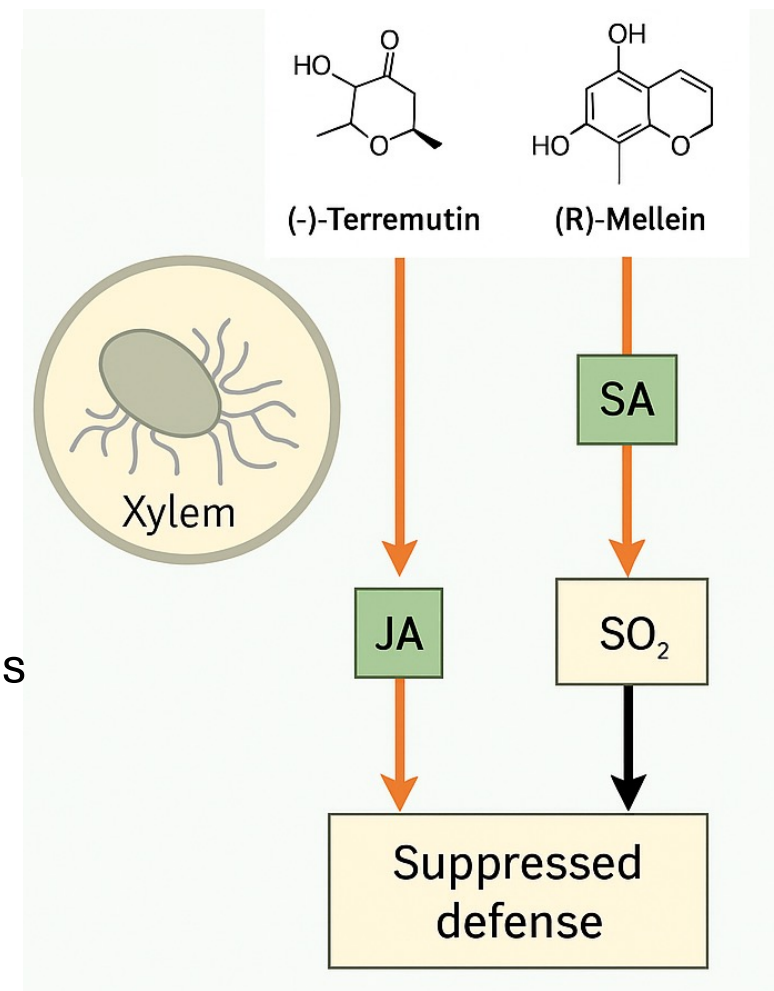


- ❖ Puede pasar de endófito a patógeno
- ❖ Infecta heridas de poda y tejidos leñosos
- ❖ Se adapta a múltiples hospedadores
- ❖ Puede persistir sin causar síntomas

Neofusicoccum parvum: la química detrás de su virulencia

(-)-Terremutina y (R)-Melleína

- Suprimen las defensas de la vid mediadas por JA/ET.
- Se detectan en madera y hojas con síntomas.
- Varían según el aislado; la terremutina se asocia a cepas más agresivas.
- Actúan como factores de virulencia y aumentan la severidad de los síntomas.
- La vid no las detoxifica eficientemente.



Podemos ver qué ocurre dentro de la planta (Transcriptómica)

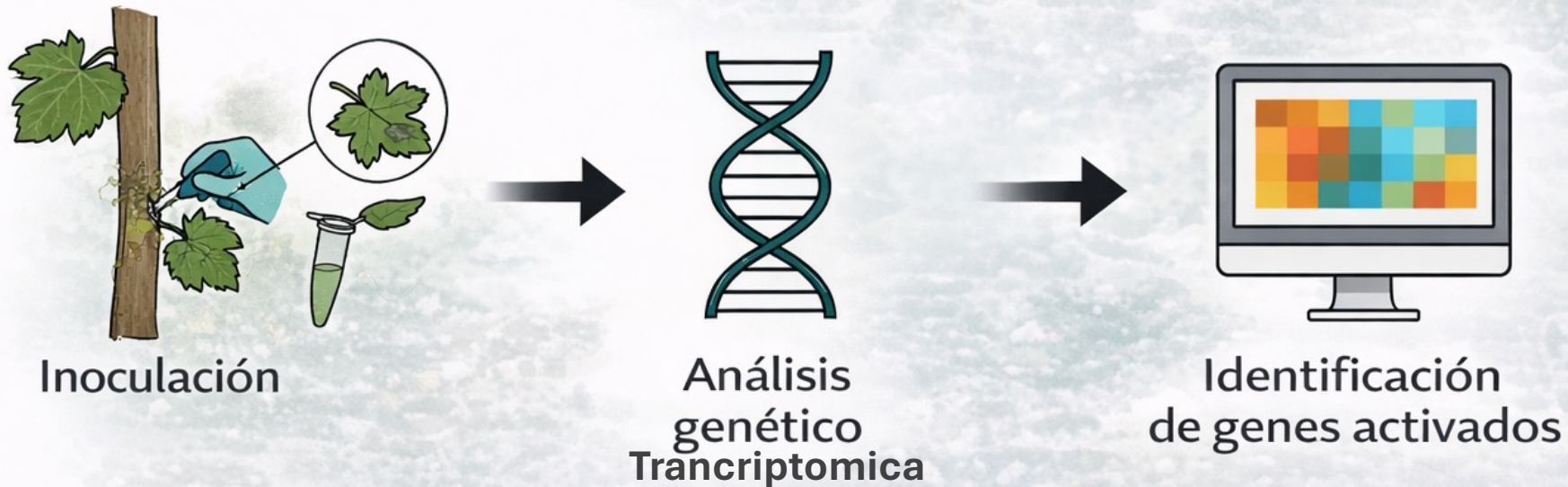


- ✓ Analizamos qué genes se activan durante la infección
- ✓ Observamos cómo responde la planta al patógeno
- ✓ Detectamos señales antes de los síntomas visibles



Cómo analizamos la respuesta de la vid al patógeno

Comparamos plantas infectadas vs plantas sanas para entender cómo responde la vid.



Defenderse tiene un costo

Gene	Expresión	
PR1	↑	Defensa y respuesta al estrés
LOX9	↑	
GST1	↑	
RbohD	↑	
CHLI1	↓	Crecimiento y producción de energía
ELIP	↓	

 **Defensa ↑**
 **Crecimiento ↓**

- ❖ Activación intensa de defensas
- ❖ Mayor gasto energético
- ❖ Menor crecimiento y vigor



Estamos entrando en una nueva era de la fitopatología

De estudiar patógenos → a **estudiar ecosistemas**

De reaccionar → a **anticipar**

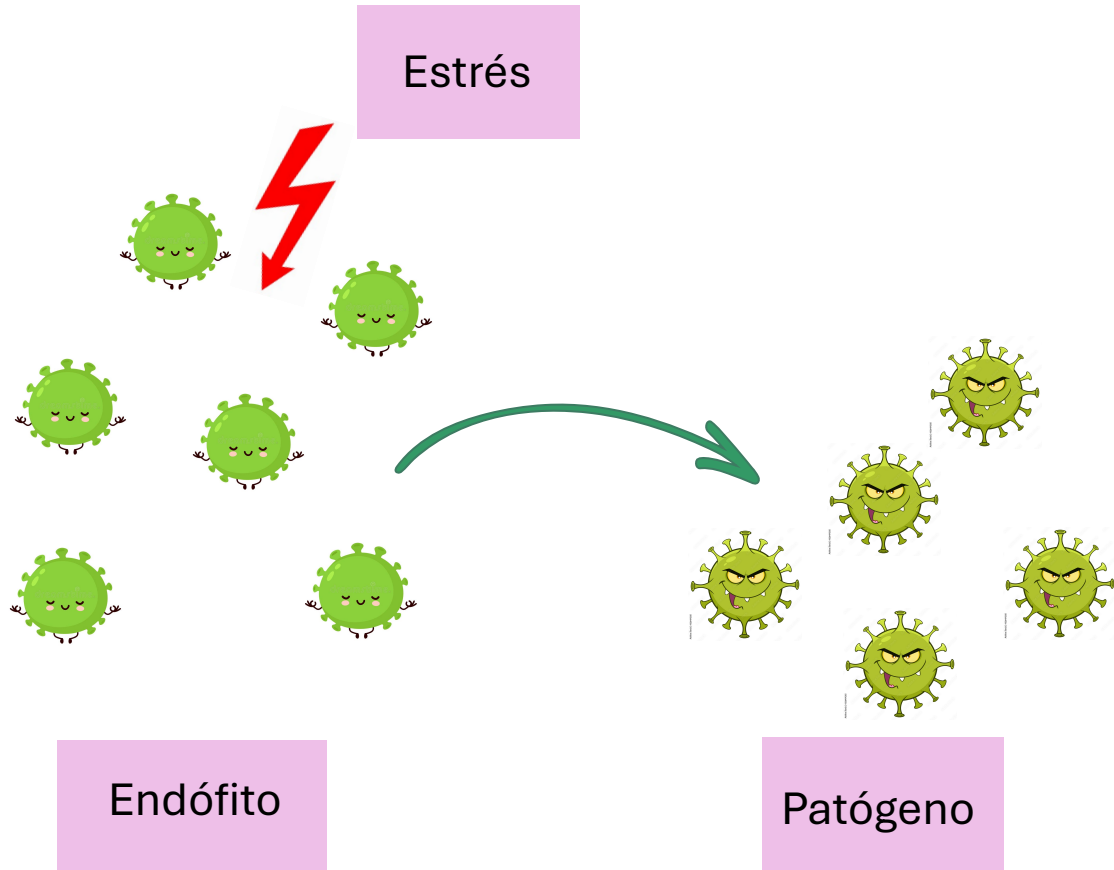
De eliminar → a **equilibrar**



¿Podemos proteger la vid sin intentar esterilizarla?



Evitar que el patógeno se vuelva agresivo

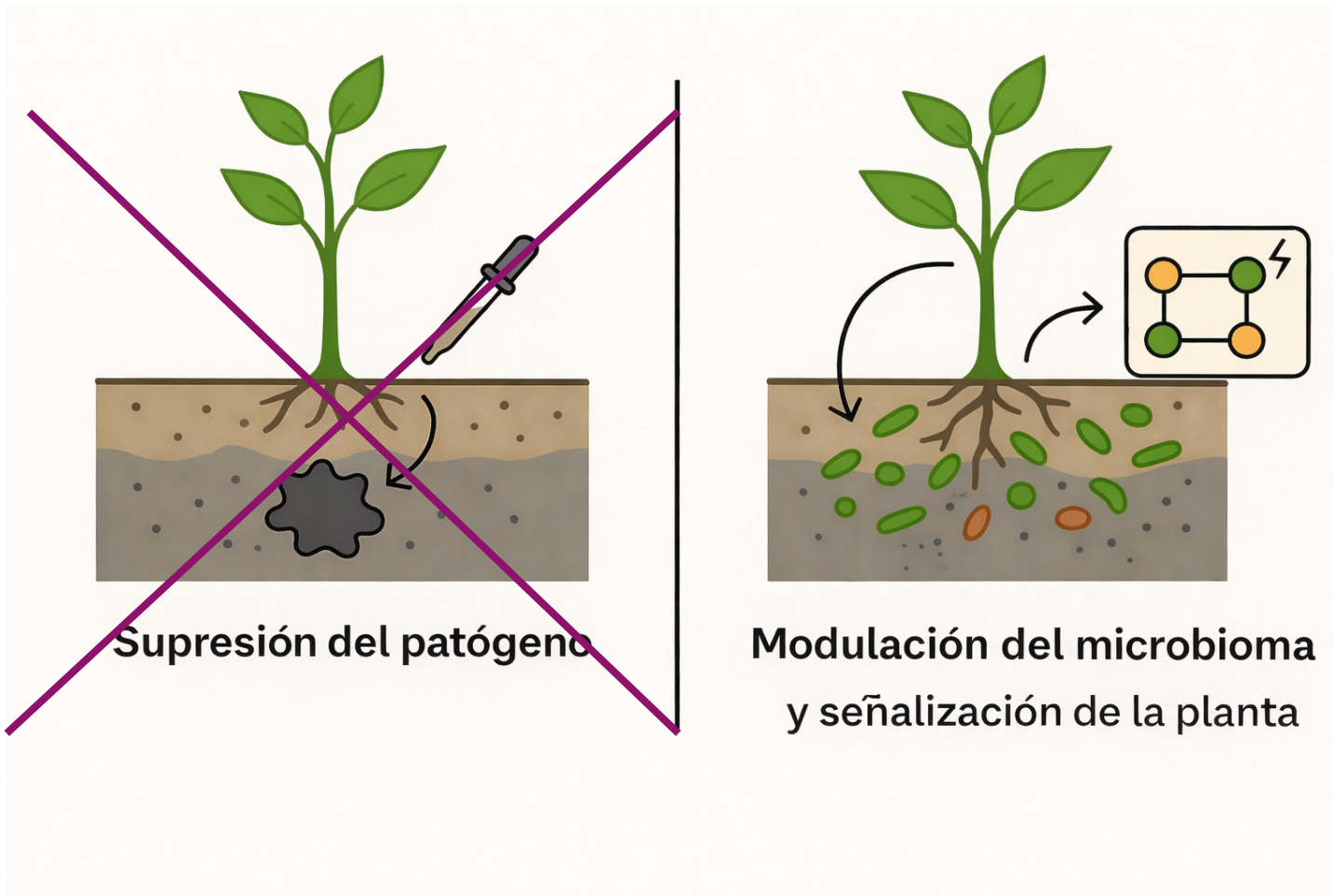


Microorganismos beneficiosos

- Estrés ambiental sobre el patógeno
- Preparación inmunitaria del hospedador
- Ocupación ecológica



Los agentes de biocontrol actúan como ingenieros del microbioma



- Los agentes de biocontrol **no solo controlan patógenos**.
- También **reorganizan el microbioma** y activan las defensas de la planta.
- **El resultado:** plantas más resilientes y viñedos más longevos.



Trichoderma atroviride SC1: un aliado en la protección de la vid

- ✓ Cepa comercial usada en viveros.
- ✓ Controla patógenos del suelo y de la madera.
- ✓ Activa las defensas de la planta.
- ✓ Coloniza raíces y heridas.
- ✓ Se adapta muy bien al suelo.



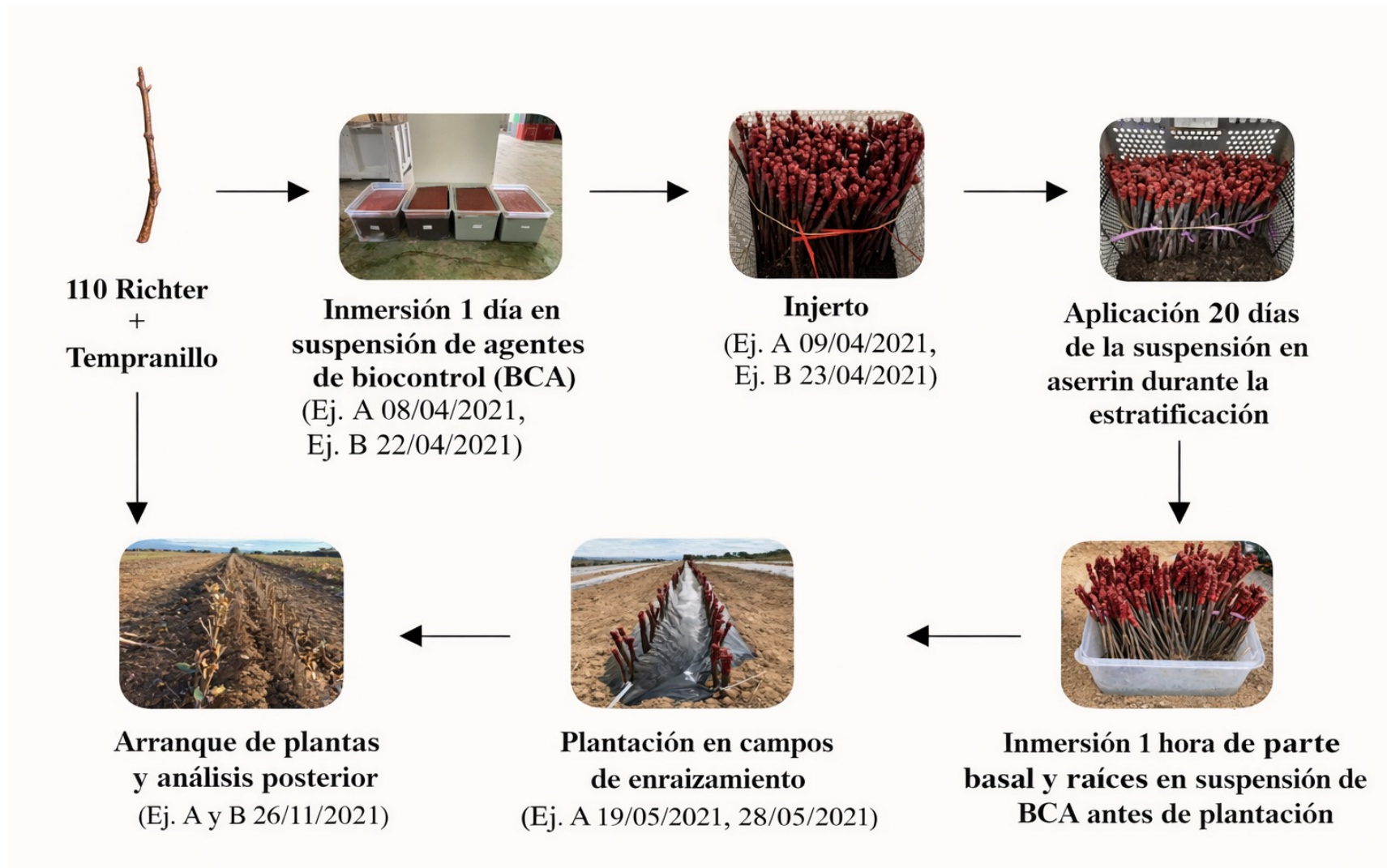
Bacillus subtilis PTA-271 — un aliado en la resiliencia del viñedo

No todos los agentes de biocontrol actúan igual.

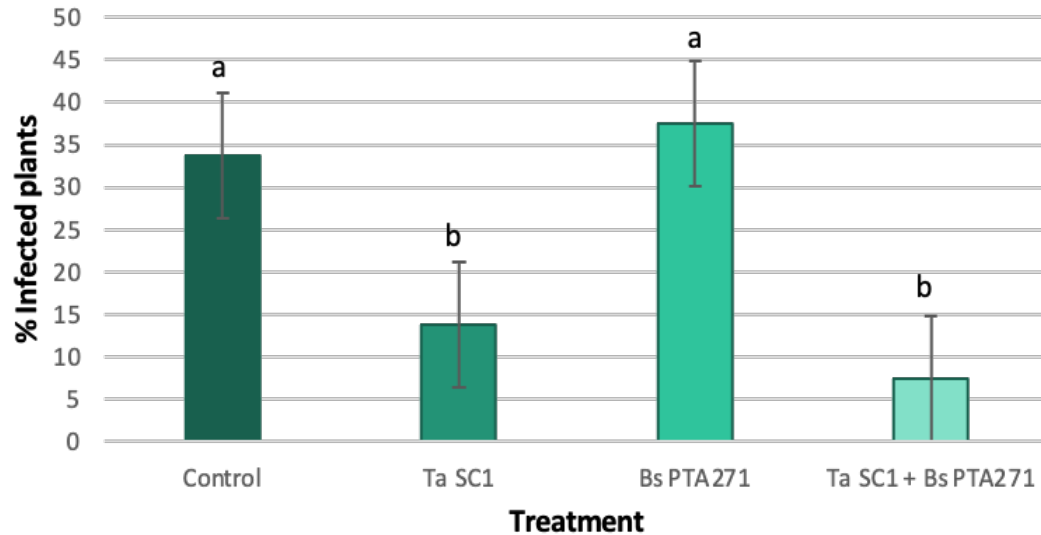
- ✓ Sobrevive y coloniza eficazmente la rizósfera.
- ✓ Produce compuestos antimicrobianos.
- ✓ Activa las defensas de la planta.
- ✓ Favorece comunidades microbianas más resilientes.



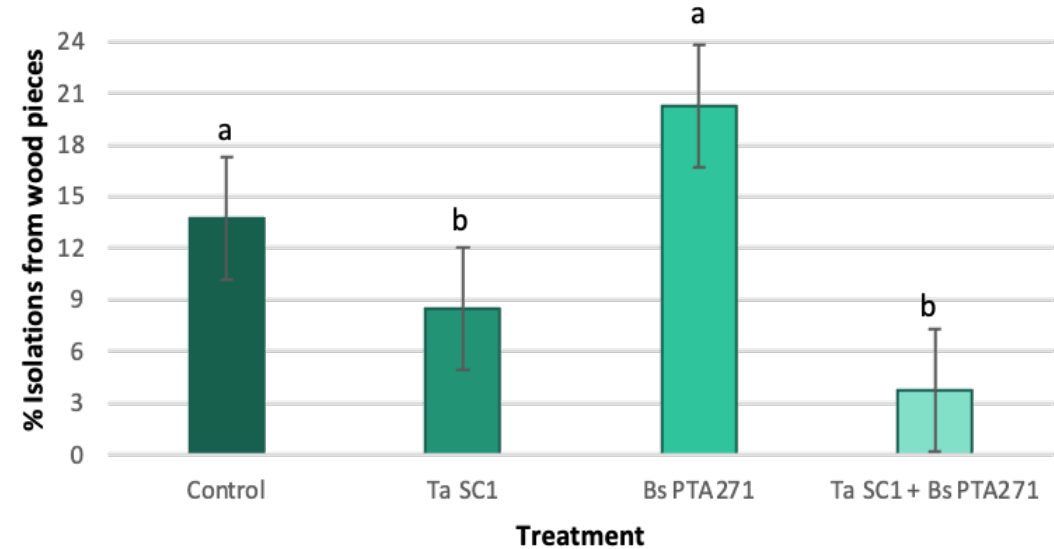
Biocontrol en vivero: efecto frente a patógenos de madera



Biocontrol en vivero: efecto frente a patógenos de madera



Ta SC1 disminuye significativamente la infección por Botryosphaeriaceae



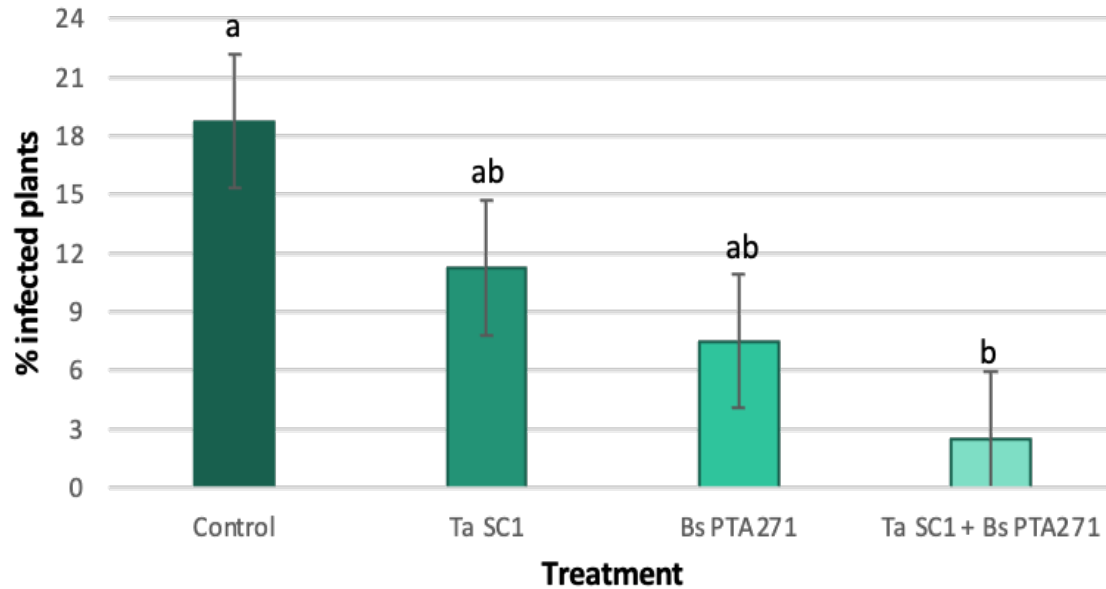
Ta SC1 reduce la presencia de Botryosphaeriaceae en la madera.

El tratamiento simultáneo mostró una tendencia a mayor eficacia, aunque sin diferencias estadísticas.

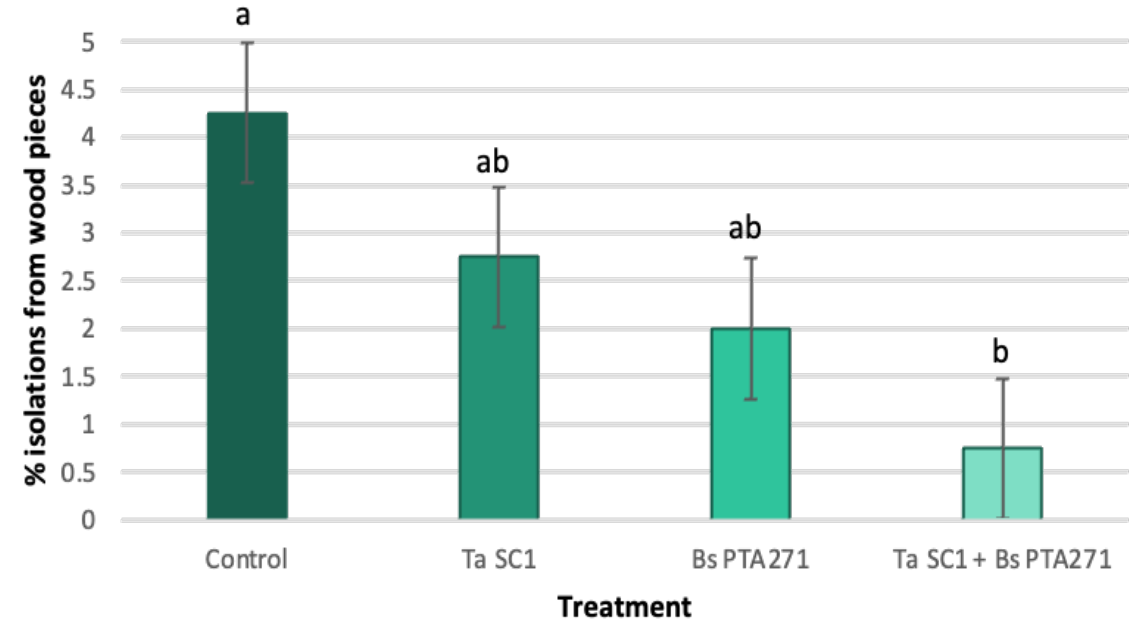
Ta SC1 destacó como el tratamiento más eficaz para reducir Botryosphaeriaceae durante la propagación.



Biocontrol en vivero: efecto frente a patógenos de madera



Los ensayos mostraron una menor incidencia de patógenos de pie negro (18% y 9%).



Bs PTA-271 mostró mayor eficacia que Ta SC1.

Solo el tratamiento simultáneo presentó diferencias frente al control.

La combinación de dos agentes de biocontrol ofreció mayor protección frente al pie negro durante la propagación.



El contexto define la eficacia del biocontrol

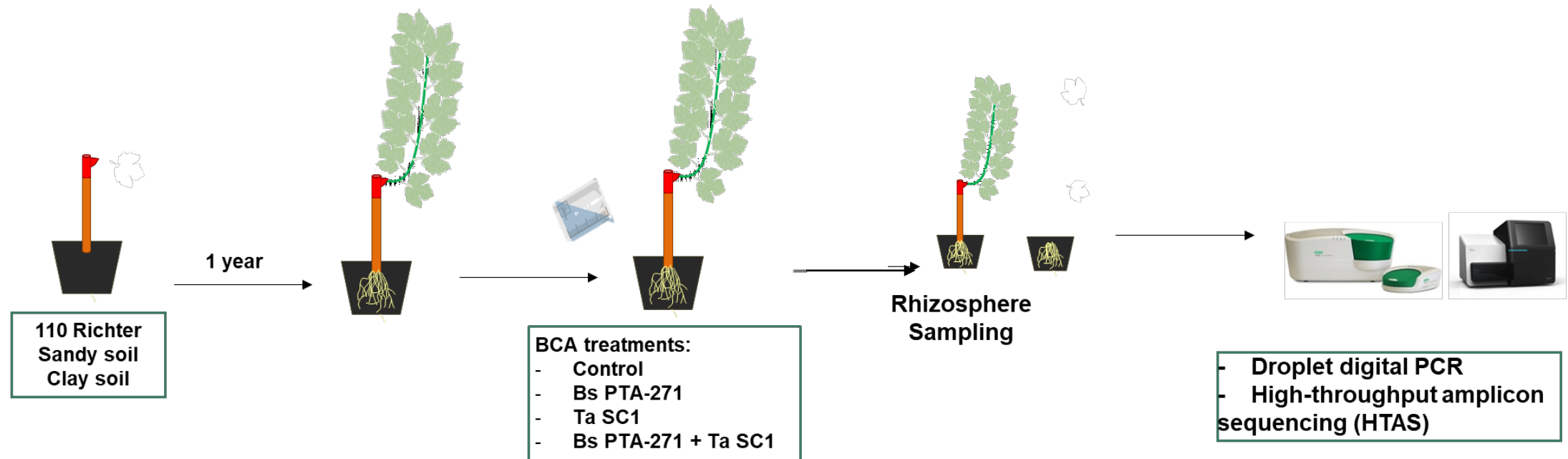


- ✓ No depende solo del agente
- ✓ Depende del sistema
- ✓ El microbioma local influye

No existe una solución única.



Los agentes de biocontrol influyen en el microbioma y las defensas — pero el suelo es clave.

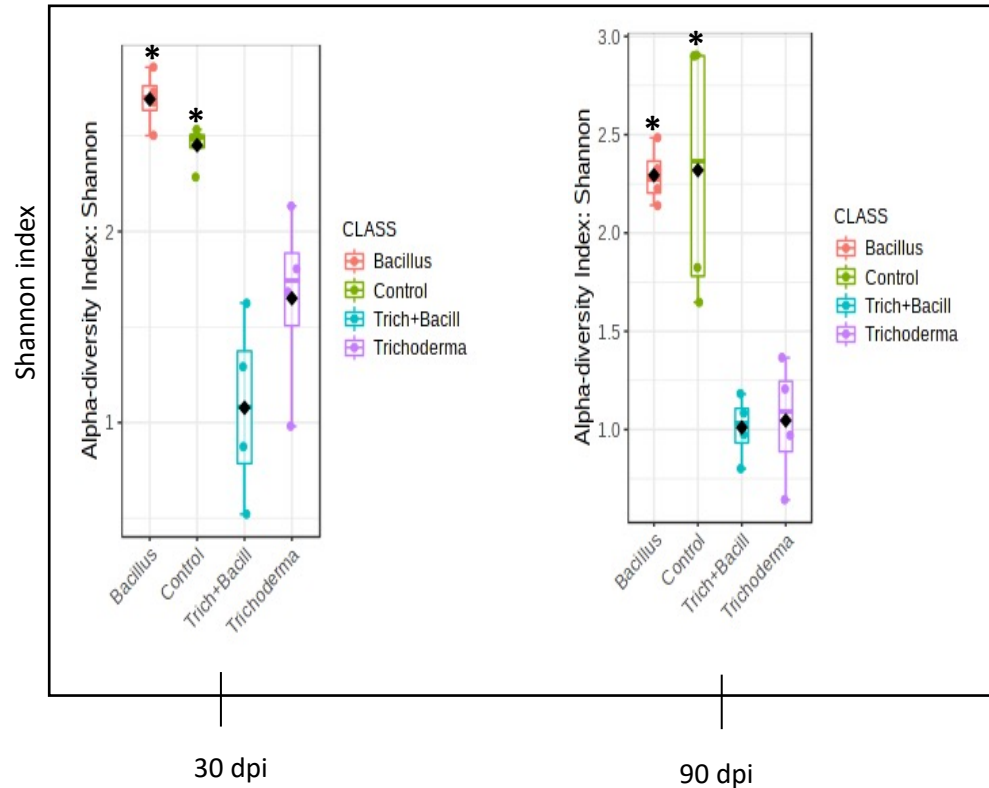


2 stocks from 2 mother fields;
8 cuttings per treatment;
4 samples per treatment = 2 plant DNA pool;

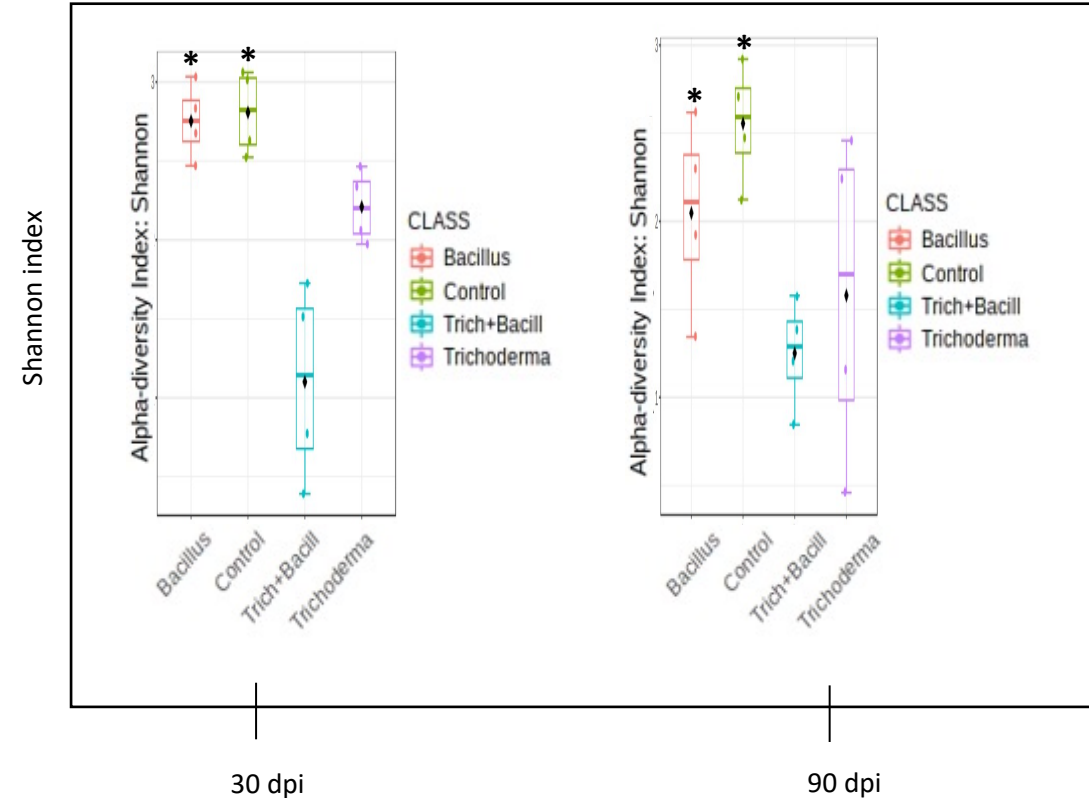


Los agentes de biocontrol influyen en el microbioma y las defensas — pero el suelo es clave.

Suelo arenoso



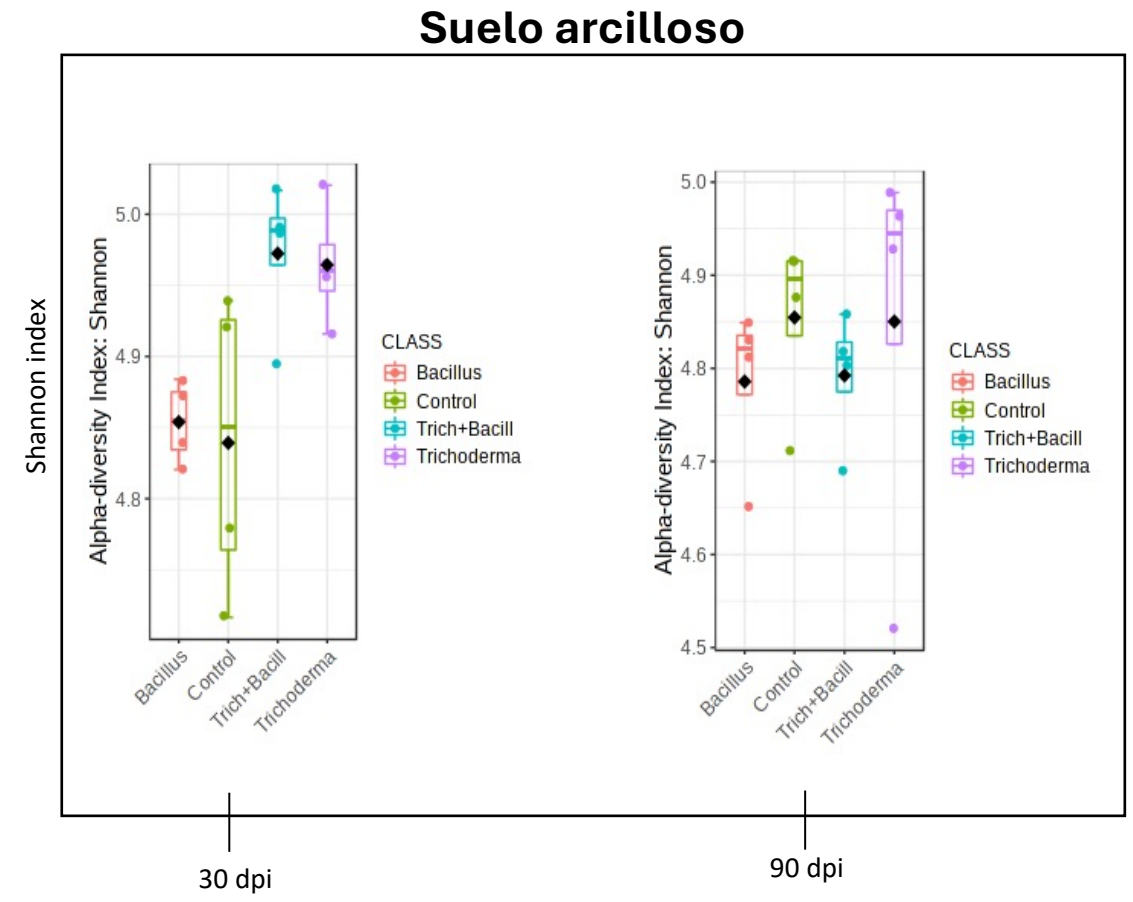
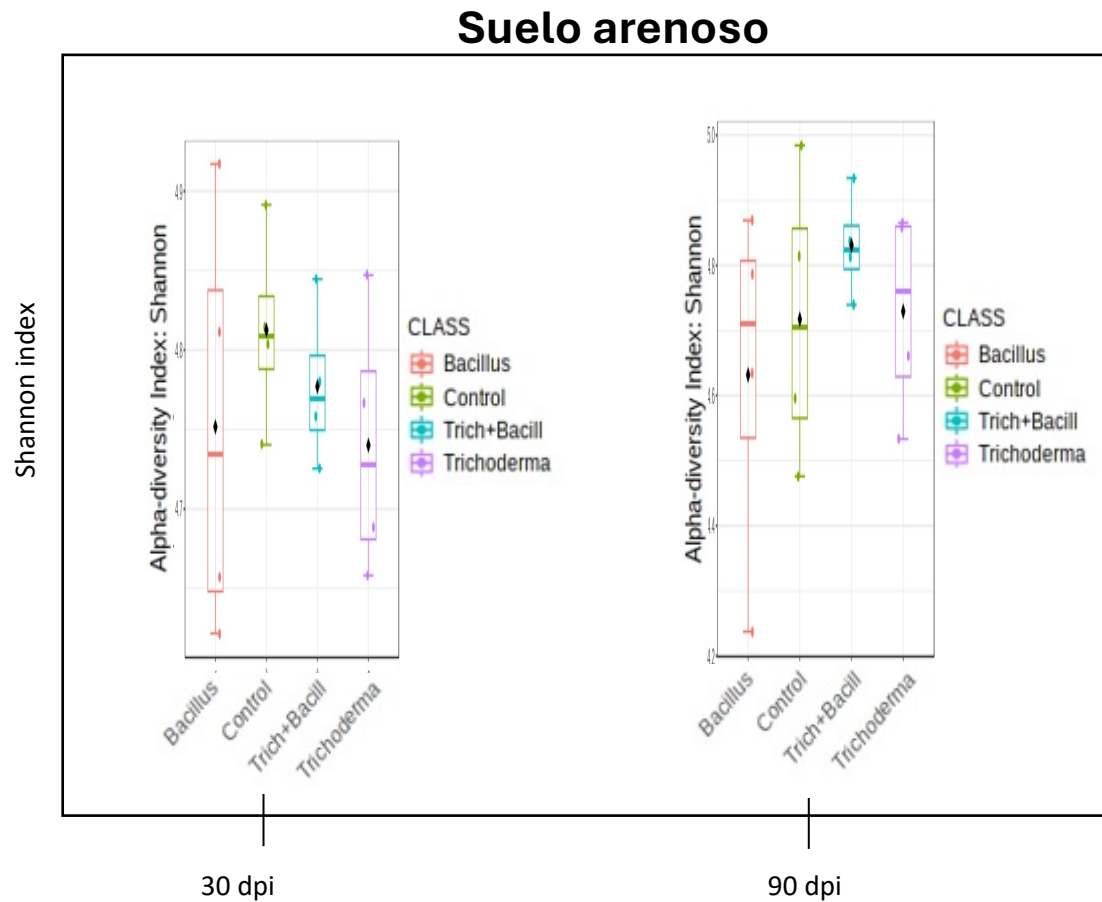
Suelo arcilloso



Ta SC1 disminuyó significativamente la diversidad microbiana.



Los agentes de biocontrol influyen en el microbioma y las defensas — pero el suelo es clave.

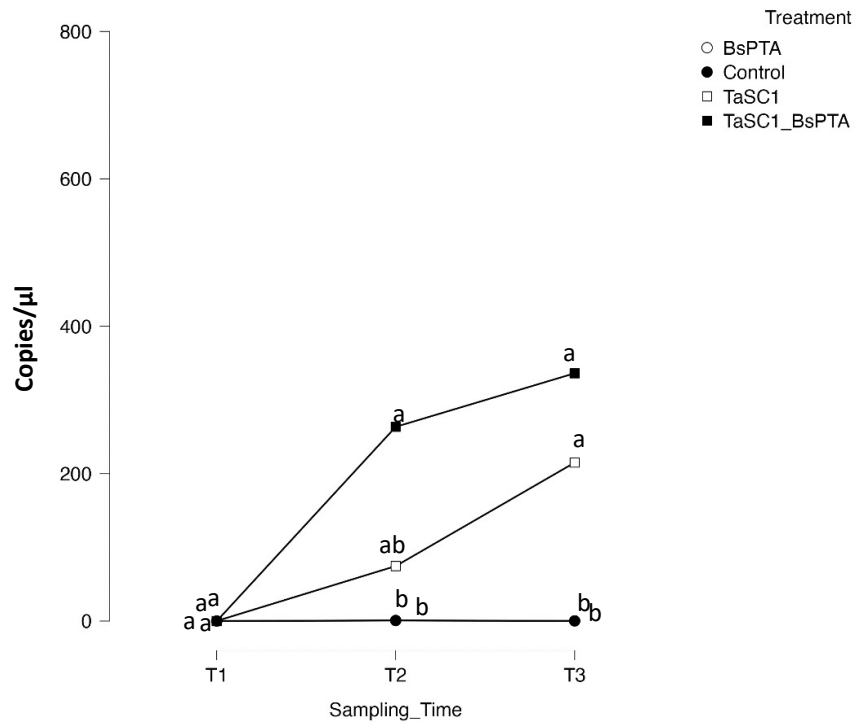


La diversidad microbiana se mantuvo estable tras la aplicación de Bs PTA-271.



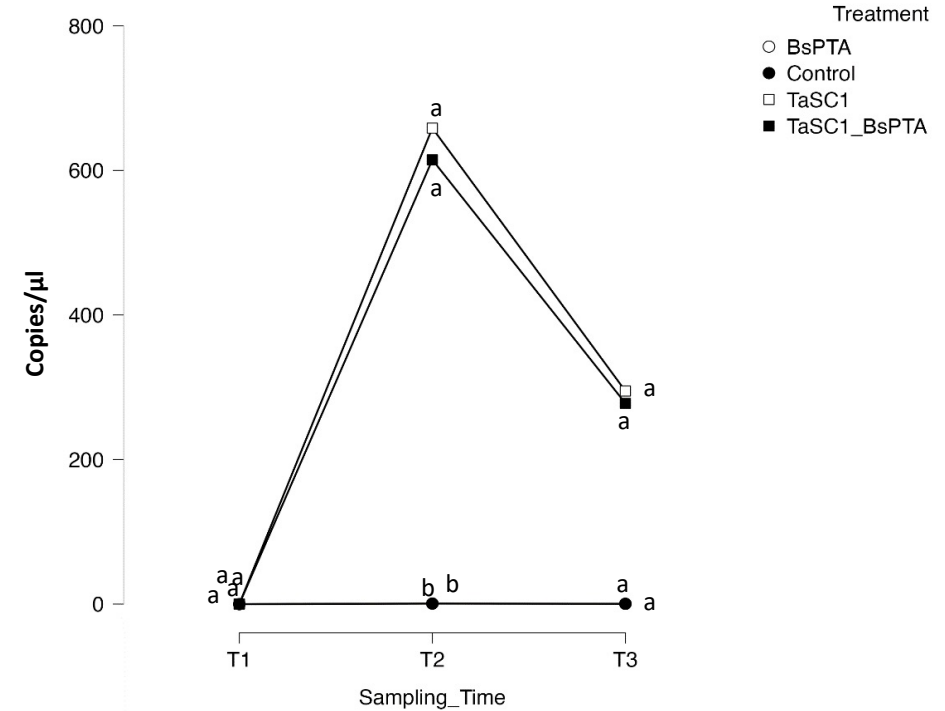
Presencia de Ta SC1 en la rizósfera

Suelo arenoso



Ta SC1 se establece progresivamente en la rizósfera.

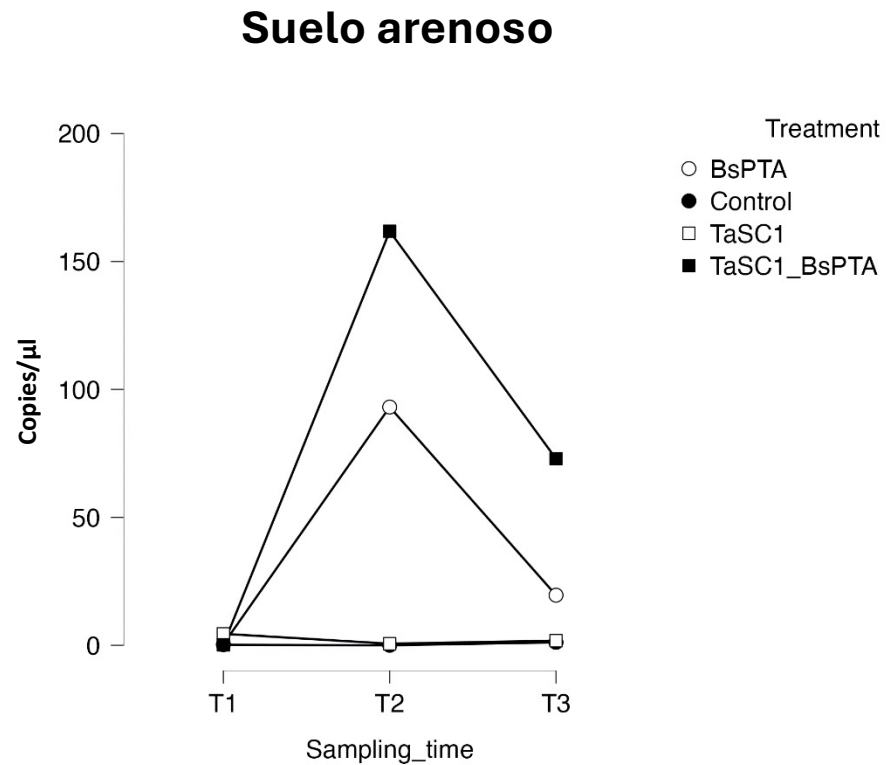
Suelo arcilloso



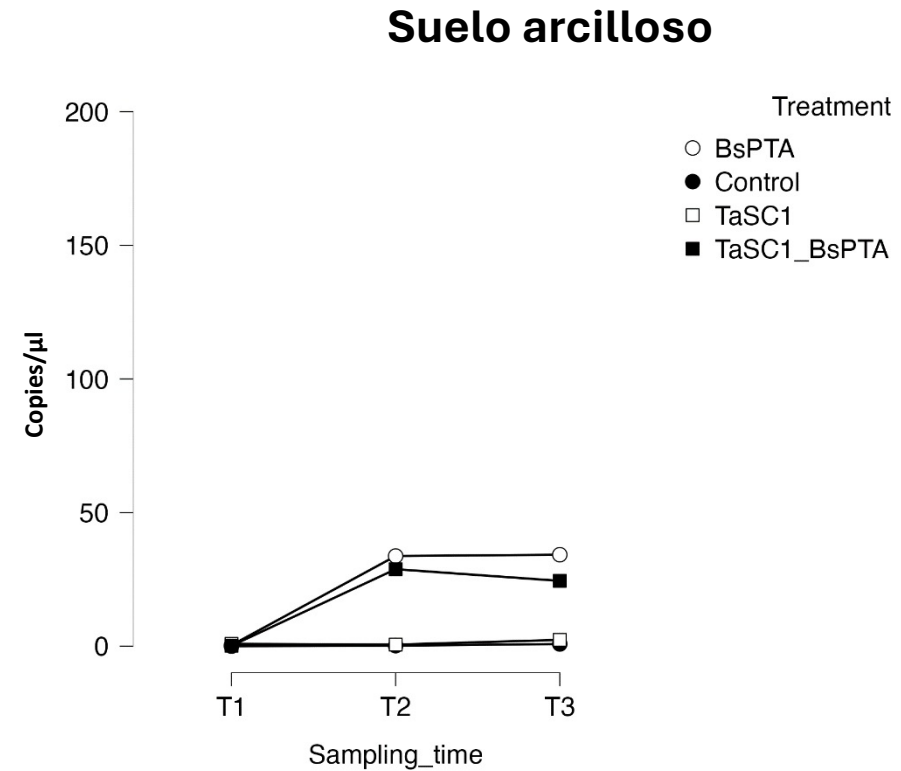
Ta SC1 coloniza rápidamente la rizósfera, pero su concentración disminuye con el tiempo.



Presencia de Bs-PTA271 en la rizósfera



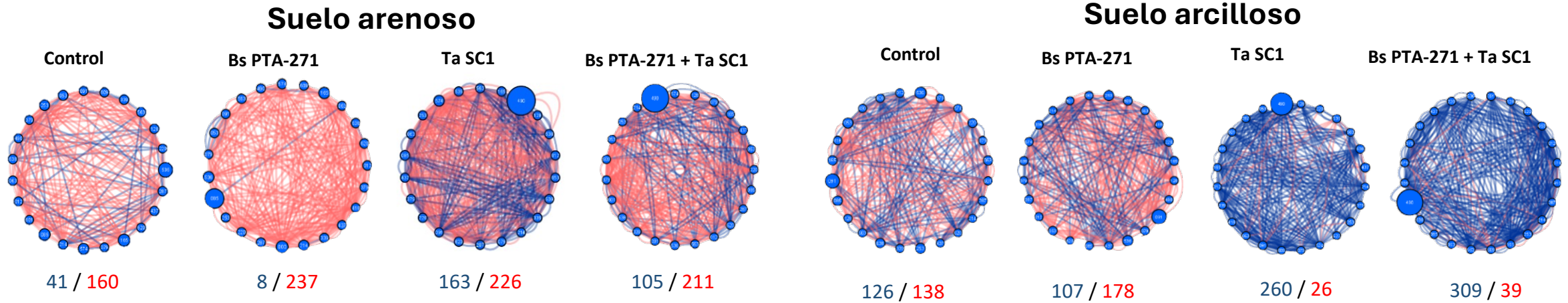
Bs PTA-271 coloniza rápidamente la rizósfera, pero su concentración disminuye con el tiempo.



Bs PTA-271 se mantuvo estable en el tiempo, pese a su menor concentración inicial.



El biocontrol remodela la red fúngica del microbioma



Ta SC1 favorece interacciones microbianas más positivas.

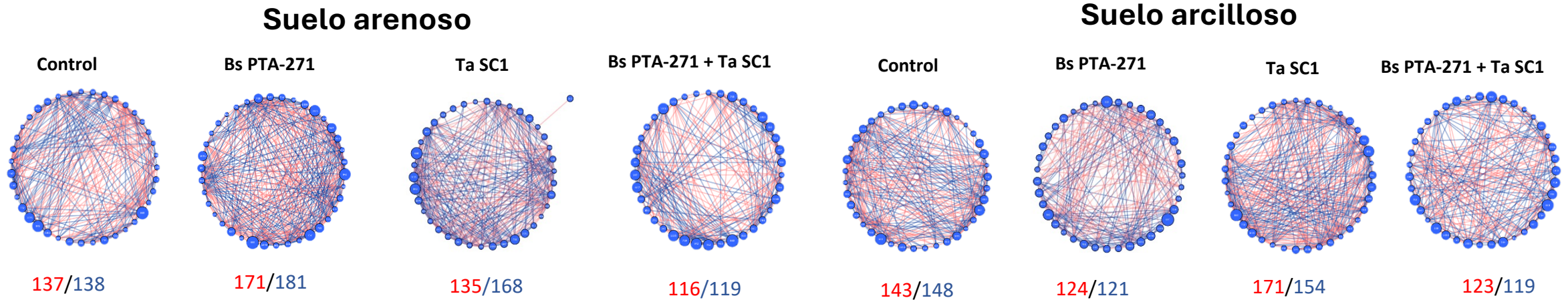
Ta SC1 promueve redes microbianas más cooperativas.

Bs PTA-271 promueve interacciones más competitivas.

Ta SC1 podría favorecer interacciones fúngicas positivas en la rizósfera.



El biocontrol remodela la red fúngica del microbioma



El biocontrol no alteró la estructura de la red bacteriana en la rizósfera.



Una planta mejor preparada — no más estresada

Gene	Impacto de los BCA
PR1	↓
LOX9	↓
GST1	↓
PAL1	↑
WRKY33	↑
CHLI1	↑

Menor
activación del
estrés defensivo

Funciones clave
restauradas

El biocontrol no activa más defensas — activa las **defensas correctas.**



De reaccionar... a anticipar

Manejo tradicional

Control del patógeno

Intervención tras los síntomas

Fungicidas y saneamiento

Patógeno = enfermedad



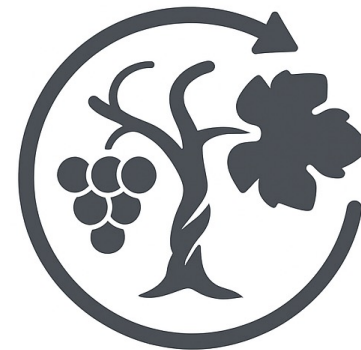
Manejo ecológico

Restauración del microbioma

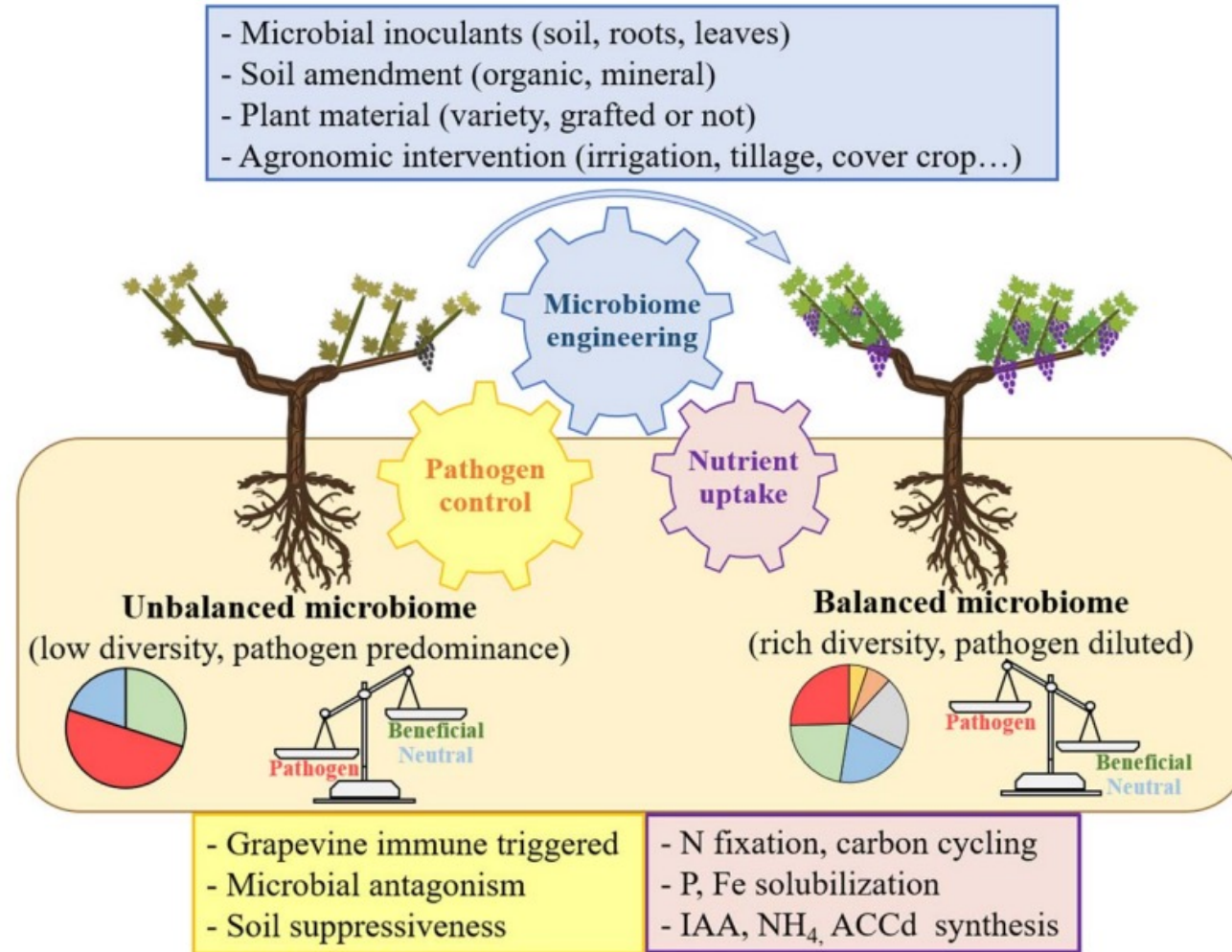
Prevención temprana

Biocontrol y monitoreo del microbioma

Equilibrio = resiliencia

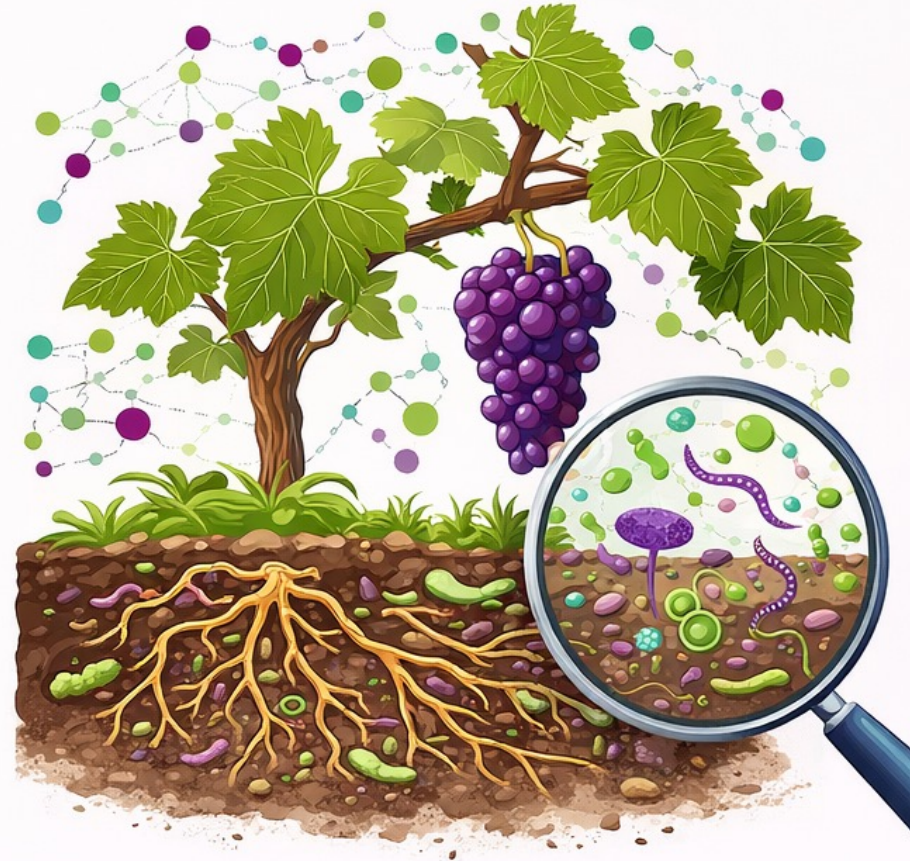


El ecosistema de la vid cambia antes, durante y después de la enfermedad



El futuro del manejo de enfermedades

- ✓ Diagnóstico ecológico
- ✓ Monitoreo del microbioma
- ✓ Estrategias preventivas
- ✓ Biocontrol contextual



Del control al equilibrio

- ❖ La **salud** de la vid es **equilibrio**, no erradicación.
- ❖ La enfermedad **no aparece por la presencia de patógenos** — aparece cuando el sistema pierde estabilidad.
- ❖ Las **ómicas** nos permiten **anticipar**, no solo reaccionar.
- ❖ El biocontrol **no es una cura**: es parte del ecosistema.
- ❖ Su **eficacia depende del contexto**. Y hoy podemos entender ese contexto.



*Quizás el mayor cambio no sea combatir la enfermedad... sino
aprender a cultivar el equilibrio.*

Gracias por vuestra atención

Catarina Leal
Catarina.leal@fc.up.pt

