

Efecto de dos cepas de *Trichoderma* sp., ácido salicílico y su combinación, en el control de *Sclerotinia sclerotiorum* y en el desarrollo y crecimiento de plantas de lechuga

Effect of two strains of *Trichoderma* sp., salicylic acid and its combination, on the control of *Sclerotinia sclerotiorum* and on the development and growth of lettuce plants

Felipe Galvis Rojas

Centro de Investigaciones en Fitopatología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata

<https://orcid.org/0009-0006-6514-8470>

Daniel Giménez

Instituto de Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata

<https://orcid.org/0009-0000-3207-5064>

Cecilia Mónaco

Centro de Investigaciones en Fitopatología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata

<https://orcid.org/0000-0003-3190-9260>

Revista de la Facultad de Agronomía

Universidad Nacional de La Plata, Argentina

ISSN: 1669-9513

Periodicidad: Continua

vol. 124, 2025

redaccion.revista@agro.unlp.edu.ar

Recepción: 28 junio 2024

Aprobación: 31 octubre 2024

Publicación: octubre 2025

URL: <https://portalderevistas.unlp.edu.ar/sumarc/>

DOI: <https://doi.org/10.24215/16699513e152>

*Autor de correspondencia: cecilia.monaco7@gmail.com

Resumen

El objetivo de este trabajo fue: evaluar el efecto de dos cepas de *Trichoderma* sp., aplicaciones de ácido salicílico y su combinación para el control de *S. sclerotiorum* y su efecto en el desarrollo y crecimiento de plantas de lechuga en condiciones de invernáculo. Los ensayos se llevaron a cabo en un invernáculo experimental. Se usaron semillas de lechuga de la variedad "Gallega". Se realizaron 18 tratamientos con 10 plantas cada uno. Los 9 primeros se enmarcaron dentro de un escenario de AUSENCIA del patógeno para determinar el efecto de los diferentes tratamientos en el crecimiento y desarrollo de las plantas teniendo en cuenta los posibles efectos positivos de *Trichoderma* sp., ácido salicílico y su combinación en el peso seco, fresco y contenido de clorofila, mientras que los tratamientos del 10-19 se implementaron en PRESENCIA del agente patógeno para determinar la eficiencia de los tratamientos en el control de la podredumbre del cuello. Solo se observaron diferencias significativas en el peso fresco de las plantas en los tratamientos con *Trichoderma* (Tri 22) y con aplicación de AS 200 μ M. Se observó, además, que el tratamiento de 10 μ M de AS y la cepa 22 de *T. harzianum* mostraron los menores valores de incidencia y severidad de la enfermedad a los 14ddi. Teniendo en cuenta estos resultados, se necesitan futuros ensayos para corroborar el efecto de la combinación de *T. harzianum* y ácido salicílico en la resistencia sistémica inducida, para el manejo integrado de *Sclerotinia sclerotiorum*.

Palabras claves: Control biológico, manejo de enfermedades, biofertilizantes, rendimiento, cultivos hortícolas.

Abstract

The objective of this work was: to evaluate the effect of two strains of *Trichoderma* sp., applications of salicylic acid and its combination for the control of *Sclerotinia sclerotiorum* and its effect on the development and growth of lettuce plants under greenhouse conditions. The trials were carried out in an experimental greenhouse. Lettuce seeds of the "Gallega" variety were used. 18 treatments were carried out with 10 plants each. The first 9 were framed within a scenario of ABSENCE of the pathogen to determine the effect of the different treatments on the growth and development of the plants taking into account the possible positive effects of *Trichoderma* sp., salicylic acid and their combination on the dry weight, fresh and chlorophyll content, while the 10-198 treatments were implemented in the PRESENCE of the pathogenic agent to determine the efficiency of the treatments in controlling neck rot. Significant differences were only observed in the fresh weight of the plants in the treatments with *Trichoderma* (Tri 22) and with the application of 200 μ M AS. It was also observed that the treatment of 10 μ M of AS and strain 22 of *T. harzianum* showed the lowest values of incidence and severity of the disease at 14 days. Taking these results into account, future trials are needed to corroborate the effect of the combination of *T. harzianum* and salicylic acid on induced systemic resistance, for the integrated management of *Sclerotinia sclerotiorum*.

Keywords: Biological control, disease management, biofertilizers, yield, horticultural crops

INTRODUCCIÓN

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) en Argentina, es cultivada en casi todo el país con sus distintas variedades, en los cinturones verdes de grandes y medianas ciudades (Alcalá et al., 2006). Entre los patógenos más importantes se destaca *Sclerotinia* spp. como uno de los más destructivos y frecuentes, causando la podredumbre del cuello (An y Mou, 2006). Esta enfermedad se controla mediante la aplicación de productos de síntesis química como vinclozolin, benomil, iprodione, carbendazim y procimidone (Viglianichino y Huarte, 2014). Sin embargo, la vida media de estos ingredientes activos es corta, ya que el producto está expuesto a la biodegradación por los microorganismos y a la interacción con las características físico-químicas del suelo (Matheron y Porchas, 2019). Mecatti et al. (2016) indican que aplicaciones repetidas de fungicidas pueden favorecer la eliminación de organismos benéficos al ser pesticidas no selectivos. En muchos casos pueden generar un impacto negativo sobre el medio ambiente, la biodiversidad, así como también en la salud sobre los operarios y riesgo de residuos en el producto consumido (Del Rio et al., 2023)

Dentro del marco de alternativas que se presentan al control químico, se han logrado importantes avances en el control biológico que han permitido identificar más de 30 especies entre bacterias y hongos como antagonistas y micoparásitos de *Sclerotinia* spp. (Smith, 2004). Se ha identificado a *Trichoderma* spp., *Gliocladium* spp. y *Coniothyrium minitans* como potenciales antagonistas para el manejo de la enfermedad (Albert et al., 2024).

Varias especies del género *Trichoderma*, tienen capacidad para formar relaciones estrechas como es el endofitismo (Hermosa et al., 2012 y León et al., 2018). Estos autores indican que durante la interacción planta-*Trichoderma*, numerosos inductores son liberados por las hifas de *Trichoderma* sp. que pueden inducir diferentes tipos de señales dentro de la planta (ej. por ácido salicílico (AS), ácido jasmónico (AJ) o especies reactivas de oxígeno (EROs)), que desencadena la expresión de proteínas de defensa. Algunos autores afirman que *Trichoderma* sp. al igual que otros microorganismos benéficos pueden activar la resistencia sistémica (Shoresh et al., 2010) a través de la vía de señalización AJ/ET (Hermosa et al., 2012).

Pérez (2014) confirma que plantas tratadas con *Trichoderma* sp. pueden desencadenar resistencia sistémica adquirida (RSA) mediada por AS, pero cuando son posteriormente infectadas por un patógeno, pueden inducir genes de la ruta del AJ y que desencadenan una respuesta RSI prolongada en el tiempo, afirmación que coincide con los resultados del estudio de Hermosa et al. (2012) con plantas de *Arabidopsis* y la cepa de *Trichoderma atroviride*, quienes indican que el pretratamiento con *Trichoderma* sp. puede modular la expresión génica dependiente de ácido salicílico durante la colonización de las raíces por parte del antagonista, y que posteriormente y durante la infección por agentes patógenos, se produce la expresión de genes de defensa inducida a través de la vía de transducción de AJ, causando un aumento progresivo de RSI. Esto sugiere que durante el establecimiento de la relación simbiótica muy posiblemente *Trichoderma* sp. sea reconocido como patógeno; Ramírez et al. (2014) observó que durante las primeras horas de la interacción se produce un aumento en las defensas mediadas por ácido salicílico (AS) con el fin de confinar al hongo antagonista en el espacio apoplástico impidiendo su entrada en el sistema vascular.

En este sentido, el objetivo de este trabajo fue: evaluar el efecto de dos cepas de *Trichoderma* sp. (Tri 15 y Tri 22), aplicaciones de ácido salicílico (10 y 200 μ M) y su combinación, para el control de *Sclerotinia sclerotiorum* y su efecto en el desarrollo y crecimiento de plantas de lechuga en condiciones de invernáculo.

METODOLOGIA

Los ensayos se llevaron a cabo en los invernáculos del Centro de Investigaciones de Fitopatología (CIDEFI) de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Se usaron semillas de lechuga sin tratar (sin aplicaciones de insecticidas y/o fungicidas) de la variedad "Gallega de invierno", las cuales fueron pre germinadas en cajas de Petri, con papel de filtro humedecido y mantenidas en condiciones de oscuridad y temperatura de 20°C durante 36 horas. Posterior a la emergencia de la radícula fueron trasplantadas en bandejas de germinación de 162 alveolos usando como sustrato turba Hi-Soil®. Una vez que las plantas presentaron 4 hojas verdaderas fueron trasplantadas en macetas de 864 cm³ con el mismo sustrato. Se aplicó riego con agua corriente cada tres días (100 ml por maceta) y fertirriego una vez por semana (100 ml por maceta de solución fertilizante la cual fue preparada disolviendo 2,5g de Basfoliar 25-10-17® SP en un litro de agua).

Se usaron los dos aislamientos de *Trichoderma* sp. (Tri15 y Tri22) que presentaron los mejores resultados en ensayos "in vitro" de cultivos pareados *Trichoderma* spp vs *S. sclerotiorum* (Galvis, 2021).

Se realizaron 18 tratamientos con 10 plantas cada uno. Los 9 primeros se enmarcaron dentro de un escenario de AUSENCIA del patógeno para determinar el efecto de los diferentes tratamientos en el crecimiento y desarrollo de las plantas de lechuga teniendo en cuenta los posibles efectos positivos de *Trichoderma*, ácido salicílico y su combinación en el peso seco, fresco y contenido de clorofila de las plantas (Tabla 1), mientras que los tratamientos del 10-19 se implementaron en PRESENCIA del agente patógeno para determinar la eficiencia de cada uno de los tratamientos en el control de la podredumbre del cuello.

TABLA 1
Descripción de tratamientos.

Tratamiento	En AUSENCIA del patógeno
T1	Testigo Absoluto
T2	Aplicación de <i>Trichoderma</i> sp. Tri15
T3	Aplicación de <i>Trichoderma</i> sp. Tri22
T4	Aplicación de Ácido Salicílico (AS) 10µM
T5	Aplicación de Ácido Salicílico (AS) 200 µM
T6	Aplicación de <i>Trichoderma</i> sp. Tri15 y AS 10µM
T7	Aplicación de <i>Trichoderma</i> sp. Tri15 y AS 200µM
T8	Aplicación de <i>Trichoderma</i> sp. Tri22 y AS 10µM
T9	Aplicación de <i>Trichoderma</i> sp. Tri22 y AS 200µM
Tratamiento	En PRESENCIA del patógeno
T10	Testigo Absoluto
T11	Testigo Relativo
T12	Aplicación de <i>Trichoderma</i> sp. Tri15
T13	Aplicación de <i>Trichoderma</i> sp. Tri22
T14	Aplicación de Ácido Salicílico (AS) 10 µM
T15	Aplicación de Ácido Salicílico (AS) 200 µM
T16	Aplicación de <i>Trichoderma</i> sp. Tri15 y AS 10µM
T17	Aplicación de <i>Trichoderma</i> sp. Tri15 y AS 200 µM
T18	Aplicación de <i>Trichoderma</i> sp. Tri22 y AS 10 µM
T19	Aplicación de <i>Trichoderma</i> sp. Tri22 y AS 200µM

Las aplicaciones de AS y las diferentes cepas del hongo antagonico se realizaron una semana antes del trasplante (7 días); para los tratamientos combinados, primero se hizo la aplicación del ácido salicílico y 6 horas después las aplicaciones de los aislados de *Trichoderma* seleccionados (Tri15 y Tri22).

La aplicación de ácido salicílico fue dirigida al follaje (aplicación foliar) en dosis de 10 µM y 200 µM con atomizador hasta punto de goteo. En un ensayo previo se probaron otras concentraciones, de 1 hasta 1000 µM y se decidió usar las concentraciones mencionadas porque las plantas de lechuga crecían mejor (dato no mostrado). *Trichoderma* sp y el ácido salicílico se aplicaron una sola vez durante el ensayo.

La preparación de la suspensión de conidios de las dos cepas de *Trichoderma* sp., se llevó a cabo según (Rolleri et al., 2021) Se tomaron 2 ml de la suspensión y se aplicaron de forma individual en cada alveolo de la bandeja de germinación donde se encontraban establecidas las plántulas de lechuga una semana antes del trasplante.

Para la inoculación del agente patógeno *Sclerotinia sclerotiorum*, se tomaron 10 plantas, a las cuales se les incorporó un disco de micelio de 5 mm, el cual fue colocado 0,5 cm de la planta y 0,5 cm de profundidad (Tassara et al., 1998) (Fig. 1 A y B) (Tratamientos del 10 al 19). La inoculación se realizó 8 días después del trasplante (32 días después de siembra) y 15 días posterior a la aplicación de los tratamientos, siguiendo la técnica Stazonelli et al. (2017).



FIGURA 1

A) Inoculación de *Sclerotinia sclerotiorum* y B) establecimiento del ensayo.

Además, se midió la cantidad de clorofila con un medidor de clorofila Minolta® SPAD 502. Las lecturas fueron tomadas en todas las plantas, específicamente en el tercio medio y sobre la lámina foliar de la hoja número 5 y 6. Las observaciones se realizaron una vez por semana después de iniciados los tratamientos hasta la cosecha (6 evaluaciones)

La cuantificación de clorofila y las mediciones de Incidencia se realizaron cada 7 días después de la inoculación. Se realizaron dos ensayos independientes y consecutivos con los mismos tratamientos, donde se evaluaron las mismas variables con el fin de validar los resultados en los ensayos. Estos ensayos se denominaron A y B.

Se tomaron los pesos frescos y secos de la totalidad de las plantas en los diferentes tratamientos (10 plantas individuales). Las plantas fueron muestreadas cuando más del 50% de las plantas se encontraban en el punto de cosecha (48 días después de trasplante). Para el peso seco, las muestras fueron sometidas a estufa de aire forzado durante 48 horas con temperatura de 70°C o hasta que el peso de las mismas fuera constante usando balanza digital

Para la evaluación de la *incidencia* de la enfermedad, se realizó el recuento del número de individuos que presentaron los síntomas asociados a la enfermedad y se tuvo en cuenta el número total de plantas muestreadas. Con estos datos se utilizó la siguiente relación en cada uno de los tratamientos (Arias et al., 2007):

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{Numero de plantas afectadas por la enfermedad}}{\text{Numero total de plantas muestreadas}} * 100$$

Los valores de incidencia fueron transformados para su análisis teniendo en cuenta las recomendaciones de McCune y Grace (2002), quienes indican que para los valores expresados en porcentaje la transformación más recurrente y apropiada es el arcoseno de la raíz cuadrada del valor.

Para evaluar la severidad en tallo se midió i) el tamaño de la lesión con ayuda de un medidor pie de Rey, ii) el porcentaje de cobertura de la lesión en tallo, tomando como 100% su circunferencia y iii) el diámetro del tallo. Con esta información se calculó el área de la lesión en cm², para esto se usó la fórmula propuesta por Chabur (2012):

$$\text{Severidad} = \log_{10} \text{ de la lesión (cm)} * \frac{\text{Porcentaje de la lesión (\%)} * \text{Diámetro del tallo (cm)}}{100}$$

Mediante este cálculo se determina el área de la lesión en el tallo teniendo en cuenta la longitud, cobertura y diámetro del tallo.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para todos los ensayos, los datos fueron analizados con un diseño completamente al azar (DCA), mediante una ANOVA y con prueba de comparación de medias Tukey. Se usaron 10 repeticiones por

cada tratamiento en los ensayos con ausencia (tratamientos del 1 al 9) y presencia (tratamientos del 10 al 19) del patógeno.

RESULTADOS

PESO FRESCO (PF) Y SECO (PS) DE HOJAS (RENDIMIENTO): ENSAYOS A Y B

Se evidenciaron diferencias significativas solo en la variable del peso fresco en los ensayos A y B (p -value<0,01). Según la prueba de Tukey, los tratamientos T3 (Tri 22) y T5 (AS 200 μ M) fueron superiores estadísticamente con valores de 39,40 y 41,35 y 44,78 y 46,12 para ensayos A y B respectivamente (Tabla 2), mientras que los valores más bajos fueron registrados en los tratamientos T6 y T7 que corresponden a la aplicación de *T. harzianum* cepa 15 con ambas dosis de AS (10 y 200 μ M). Por otro lado, el tratamiento testigo, fue igual estadísticamente a los tratamientos T2, T4, T8 y T9 en el ensayo A y B para esta variable (peso fresco).

En lo que respecta al peso seco no hubo efecto de la aplicación de los aislados de *Trichoderma* sp., ni hubo efecto de la aplicación de las dos dosis de AS, ni tampoco en las aplicaciones combinadas de las cepas de *Trichoderma* sp. y diferentes dosis de AS. Por lo que los tratamientos no se diferenciaron estadísticamente del testigo absoluto sin aplicación.

TABLA 2

Datos de peso fresco y seco obtenidos en las plantas sometidas a los diferentes tratamientos en los ensayos A y B. En cada columna los valores con diferentes letras representan diferencias significativas (p <0,05) entre ellos, según prueba de Tukey. Referencias: Tri: *Trichoderma* sp.; AS: Ácido salicílico; μ M: micromolar. Para cada parametro, valores seguidos con la misma letra no difieren estadísticamente entre si.

Tratamiento	Descripción	Ensayo A		Ensayo B	
		Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
T1	Testigo Absoluto	38,40 b	4,51 a	40,00 b	4,8 a
T2	Tri 15	37,60 b	4,79 a	38,07 b	4,94 a
T3	Tri 22	39,40 a	4,82 a	44,78 a	5,07 a
T4	AS 10 μ M	38,67 b	4,90 a	40,68 b	4,83 a
T5	AS 200 μ M	41,35 a	4,86 a	46,12 a	5,09 a
T6	Tri 15 + AS 10 μ M	36,60 c	4,22 a	35,67 c	4,63 a
T7	Tri 15 + AS 200 μ M	34,40 c	4,22 a	36,28 c	4,77 a
T8	Tri 22 + AS 10 μ M	36,90 b	4,37 a	38,12 b	4,84 a
T9	Tri 22 + AS 200 μ M	36,65 cb	4,24 a	39,52 b	4,83 a

Cuantificación del contenido de clorofila: Ensayo A

Los resultados muestran que no existe efecto de la aplicación de los aislados de *Trichoderma* spp. ni de la aplicación de AS ni de la combinación de ambos sobre el contenido de clorofila en las hojas al inicio y final de la investigación. Las diferencias significativas se concentraron en las observaciones realizadas a los 14 y 21 ddi de la hoja 5 (p -value<0,05 para ambas lecturas). A los 14 ddi, los menores valores se obtuvieron en los tratamientos T7 (19,540) y T9 (19,730) quienes son iguales estadísticamente según la prueba Tukey. Mientras que a los 21 ddi, solo el tratamiento T9 (23,660) presentó el menor valor en comparación al resto de los tratamientos, quienes fueron estadísticamente iguales. Para la hoja número 6, se evidenciaron diferencias significativas en la observación 3 (21ddi) (p -value<0,05) donde el mejor tratamiento fue T5 (29,690) quien fue superior estadísticamente a todos los tratamientos, cuyos valores oscilaron entre 27,050 y 28,150. Para las observaciones posteriores (28, 35 y 42 ddi) de ambas hojas los tratamientos fueron iguales estadísticamente entre sí (Tabla 3).

TABLA 3

Contenido de clorofila en las hojas 5 y 6 de las plantas sometidas a los diferentes tratamientos en los ensayos A y B. En cada columna los valores seguidos con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) según prueba de Tukey. Referencias: Tri: *Trichoderma* sp.; AS: Ácido salicílico; μM : micromolar. Para cada día de evaluación (ddi) valores seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí.

Contenido de clorofilas (hoja 5)									
Trat	Descripción	7ddi	14ddi	21ddi	28 ddi	35 ddi	42 ddi		
T1	T. Absoluto	18,790 a	20,550 ab	26,770 b	25,120 a	23,110 a	13,360 a		
T2	Tri 15	17,880 a	21,520 b	25,740 b	25,350 a	23,130 a	12,025 a		
T3	Tri 22	17,260 a	21,230 b	25,580 b	22,980 a	23,510 a	13,780 a		
T4	AS 10 μM	16,150 a	20,850 b	24,950 ab	24,840 a	22,730 a	13,563 a		
T5	AS 200 μM	18,550 a	21,010 b	25,980 b	25,950 a	25,030 a	15,780 a		
T6	Tri 15+AS 10 μM	20,050 a	20,770 b	25,770 b	25,030 a	22,740 a	15,040 a		
T7	Tri 15+AS 200 μM	20,000 a	19,540 a	25,810 b	25,210 a	22,900 a	11,710 a		
T8	Tri 22+AS 10 μM	18,710 a	22,410 b	26,430 b	26,140 a	23,450 a	11,960 a		
T9	Tri 22+AS 200 μM	18,220 a	19,730 a	23,660 a	23,800 a	22,220 a	13,970 a		

Contenido de clorofilas (hoja 6)									
Trat	Descripción	14 ddi	21 ddi	28 ddi	35 ddi	42 ddi			
T1	T. Absoluto	19,990 a	27,230 a	26,330 a	24,180 a	15,080 a			
T2	Tri 15	20,330 a	27,510 a	26,170 a	24,770 a	13,790 a			
T3	Tri 22	19,860 a	27,740 a	26,050 a	23,930 a	16,200 a			
T4	AS 10 μM	19,840 a	27,050 a	25,160 a	23,640 a	14,760 a			
T5	AS 200 μM	20,940 a	29,690 a	27,110 a	25,690 a	17,800 a			
T6	Tri 15 + AS 10 μM	21,880 a	28,060 a	25,420 a	23,010 a	18,430 a			
T7	Tri 15+AS 200 μM	23,420 a	27,650 a	25,980 a	24,590 a	15,480 a			
T8	Tri 22 + AS 10 μM	21,730 a	28,150 ab	26,690 a	24,230 a	16,860 a			
T9	Tri 22+ AS 200 μM	19,300 a	27,250 a	25,930 a	23,130 a	17,150 a			

INCIDENCIA DE LA ENFERMEDAD: ENSAYOS A Y B

En el ensayo A (primer año), se observó que todas las plantas presentaron lesiones causadas por el patógeno, independientemente del tratamiento, alcanzando un 100% de incidencia a los 23 días después de la inoculación (ddi). Sin embargo, el tratamiento T4 (Tri22) mostró el menor valor para el mismo momento de evaluación (23ddi), con una incidencia del 80%

En el ensayo B, la incidencia también alcanzó el 100%, pero este valor se obtuvo después de 28 ddi, a diferencia del ensayo A. (figura 2 a y b).

En lo que respecta a los tratamientos, ninguno controló de manera efectiva la infección después de los 23 ddi y 28 ddi en el ensayo A y B respectivamente, pero antes de este periodo se vio un comportamiento diferencial.

SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD: ENSAYOS A Y B

En los ensayos A y B, se observaron diferencias significativas en la severidad de la enfermedad evaluada a lo largo del tiempo. En el ensayo A, se registraron diferencias desde los 7 hasta los 42 días después de la inoculación (ddi), con un aumento progresivo de los valores de severidad. Al final del experimento, la mayoría de los tratamientos mostraron valores estadísticamente similares entre 1,370 y 2,444 cm^2 . El tratamiento más efectivo fue *Trichoderma* sp. cepa 22 (T13) con un valor de severidad de 0,920 cm^2 cm seguido por el Testigo Absoluto con un valor de 0,000. En contraste, el Testigo Relativo exhibió la severidad más alta con un valor de 3,692 cm^2 . (Figura 3a) Por otro lado, en el ensayo B se observaron diferencias significativas desde los 14 hasta los 42 ddi. En la cosecha (45 ddi), las aplicaciones individuales tanto de ácido salicílico (AS) como de *Trichoderma* sp., junto con la combinación Tri 22 + AS 10 μM , mostraron valores estadísticamente similares entre 0,900 y 1,395 cm^2 . Las combinaciones Tri 22 + AS 200 μM , Tri 22 + AS 10 μM , Tri 15 + AS 10 μM y Tri 15 + AS 200 μM presentaron valores entre 1,454 y 1,761 cm^2 , que fueron estadísticamente similares y superiores al Testigo Relativo con un valor de 2,157 cm^2 (figura 2b).

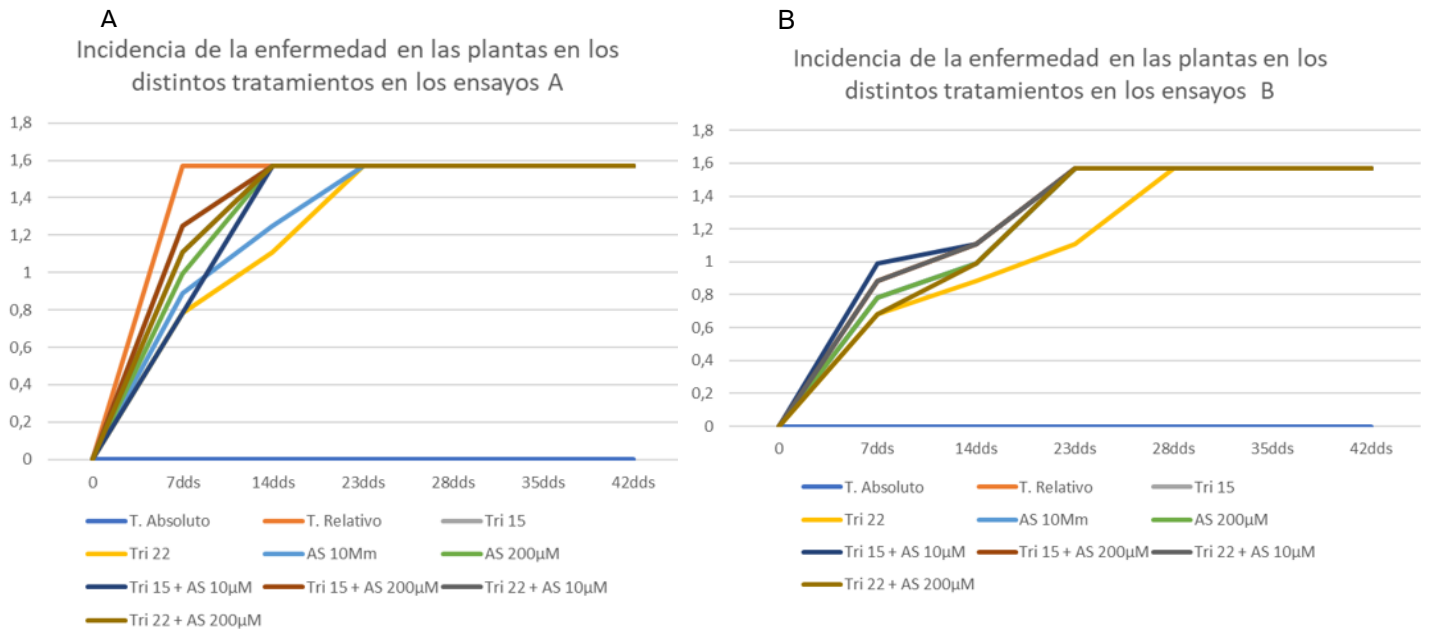


FIGURA 2

A: Curva de progreso de la incidencia de *Sclerotinia sclerotiorum* en las plantas de lechuga en los distintos tratamientos. Ensayo A: primer año. B: Curva de progreso de la incidencia de *Sclerotinia sclerotiorum* en las plantas de lechuga en los distintos tratamientos. Ensayo B: segundo año de ensayo.

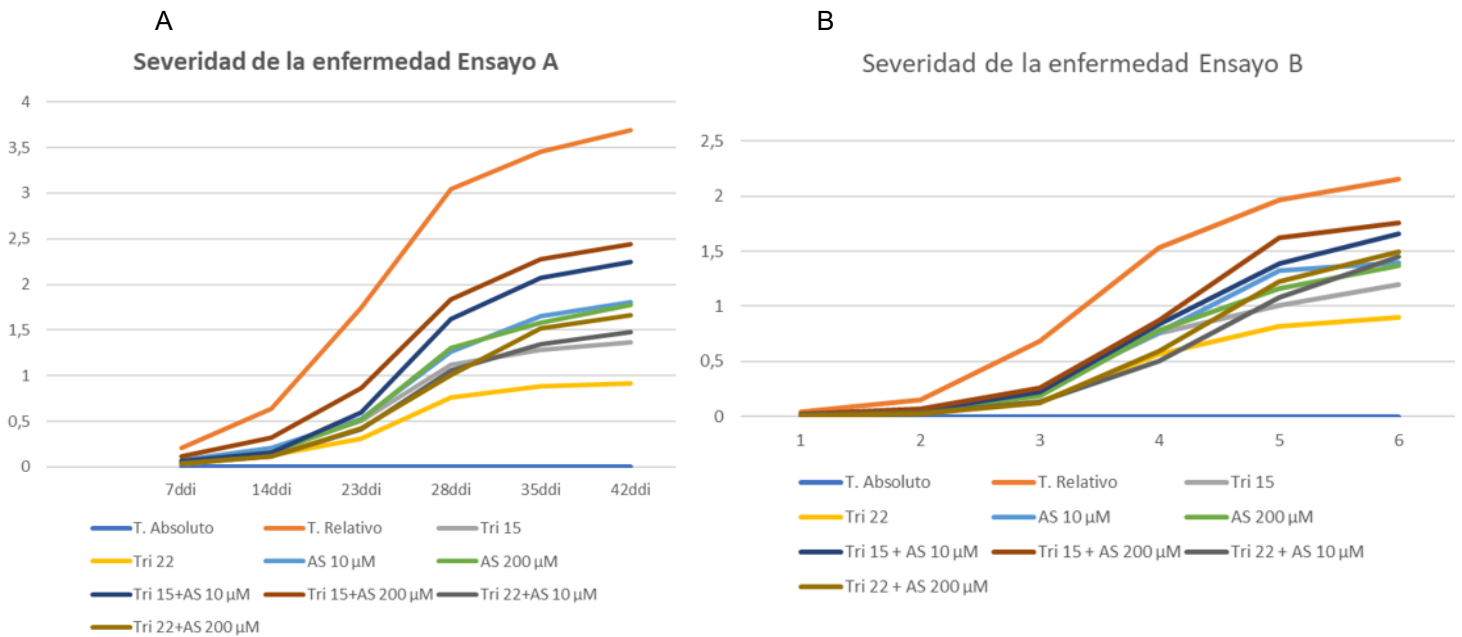


FIGURA 3

A: Curva de progreso de la severidad de *Sclerotinia sclerotiorum* en las plantas de lechuga en los distintos tratamientos. Ensayo A, primer año. B: Curva de progreso de la severidad de *Sclerotinia sclerotiorum* en las plantas de lechuga en los distintos tratamientos. Ensayo B: segundo año de ensayo.

DISCUSIÓN

Existen numerosas experiencias que reportan los beneficios de *Trichoderma* sp en el aumento del rendimiento o en algunos de sus componentes. En este sentido, nuestros resultados coinciden con las observaciones de Akbudak y Basay (2013), quienes evidenciaron diferencias significativas en el rendimiento entre plantas de lechuga sometidas a aplicaciones de *T. harzianum* (23,74 g) y las plantas control (15,37 g). Referido a esto, los resultados de esta investigación muestran que la cepa 22 de *Trichoderma* sp. tiene un efecto positivo sobre la variable rendimiento (peso fresco) cuando es aplicado de forma individual y podría favorecer el contenido de agua en las plantas de lechuga al presentar un valor significativo y superior en el peso fresco respecto a la cepa 15 y testigo. Por otra parte, Jamal et al. (2016) reportan efectos positivos adicionales en el crecimiento y desarrollo de las plantas tras la incorporación de *Trichoderma* sp., asociados a mejoras en la nutrición vegetal, producción de metabolitos secundarios y hormonas

En lo que respecta a la aplicación individual de AS (T4: 10 μ M y T5: 200 μ M), el aumento en el rendimiento del tratamiento T5 respecto al testigo se debe, posiblemente, a la influencia positiva sobre la eficiencia en el uso del agua y a la conductancia estomática (El-Khalla et al., 2009), las cuales podrían explicar el mayor valor en el peso fresco. En lo que respecta al peso seco, las dosis utilizadas no aumentaron estadísticamente la acumulación de materia seca respecto al testigo a pesar de que existen trabajos referidos a los efectos en los diferentes procesos fisiológicos y metabólicos de la planta (Uzunova y Popova, 2000; El-Khalla et al., 2009). Del mismo modo la combinación *Trichoderma* spp. y AS tampoco favorece estadísticamente el crecimiento y desarrollo (peso fresco y seco) de las plantas de lechuga en estas condiciones ya que la combinación arrojó valores inferiores estadísticamente a los tratamientos aplicación individual de AS en concentración 200 μ M y a la aplicación de la cepa 22 de *Trichoderma* sp. respectivamente, e igual estadísticamente al tratamiento testigo. Para las combinaciones de *Trichoderma* sp. cepa 15 con las diferentes dosis de AS se observa un efecto negativo sobre la variable peso fresco con valores inferiores estadísticamente al testigo en ambos ensayos (A y B). La disminución del rendimiento en los tratamientos que involucran combinaciones (T6 y T7) respecto a las aplicaciones individuales (T2, T4 y T5) podría deberse al posible efecto antagónico de las hormonas de crecimiento que son sintetizadas por las plantas, ya que causaría alteraciones a nivel hormonal en la planta, lo que explicaría los bajos valores en el peso fresco de las plantas en las mezclas con *Trichoderma* sp. Tri15 (A y B). De acuerdo con Hermosa et al., (2012) la auxina mediada por *Trichoderma* sp. (IAA) también contribuye a antagonizar la señalización del ácido salicílico (AS) en la planta, mientras que Wang et al. (2007), demostraron que plantas que sobreproducen la molécula de señal de defensa AS con frecuencia tienen fenotipos morfológicos que recuerdan a los mutantes deficientes en auxinas. Por esta razón, la aplicación de AS causa represión global de genes relacionados con auxinas, lo que resulta en la inhibición de sus respuestas, por lo que es posible que AS y la señalización de auxinas sean mutuamente antagónicas (An y Mou, 2011). La respuesta diferencial entre las cepas de *Trichoderma* sp. y AS varía según las combinaciones especie/cepa del microorganismo y al producto fitosanitario evaluado (inductor de resistencia) (Martínez et al., 2013).

A pesar de que en este trabajo no se evidenciaron efectos positivos en el contenido de clorofila expresado en unidades SAPD después de la implementación de los tratamientos, existen reportes en diferentes especies vegetales que exponen la relación positiva entre inoculaciones de diferentes cepas de *Trichoderma* sp. y el contenido de clorofila; Moya (2016) encontró que plantas de cebada tratadas con *Trichoderma* sp. presentan cierta tendencia hacia valores más altos de unidades SPAD respecto al testigo, afirmación que coincide con los resultados de Harman (2006) quien aplicó *T. harzianum* en plantas de maíz

En lo que respecta al AS, Hayat et al. (2005) han reportado que el contenido de clorofila se mejoró significativamente en las plántulas de trigo, obtenidas de los granos pretratados con menor concentración (1×10^{-5} M) (10 μ M) de AS, mientras que las concentraciones más altas no demostraron ser beneficiosas. Del mismo modo, Habibi y Vazir (2017), indican que a baja concentración de AS (0,5 mM= 500 μ M) hay un aumento significativo en el contenido de clorofila b y de carotenoides en plantas de cebada respecto al tratamiento testigo, lo que ayudó a mantener una alta actividad de fotosíntesis en las plantas tratadas. En esta investigación solo se pudo evidenciar el efecto positivo de AS en la hoja 6 durante la tercera observación (21 ddi) donde a la dosis de 200 μ M de AS se obtuvo el mejor valor diferenciándose del resto de los tratamientos.

En cuanto a las aplicaciones combinadas, Jiménez et al. (2012) encontró que la mezcla o combinación de *T. koningiopsis* + Bion® (Acibenzolar-S-Metil), aumenta el contenido de clorofila, peso fresco y seco, así como la altura de las plantas de ajo en comparación a los tratamientos aplicados de forma independiente. Estos resultados difieren a lo evidenciado en esta investigación ya que en la hoja 5 en las evaluaciones a los 14 ddi y 21 ddi, la mezcla de Tri 15 y AS 200 μ M presentaron los menores

valores en ambas observaciones y la combinación de Tri 22 y AS 200 μ M fue quien registro el menor valor a los 21 ddi. Este comportamiento puede atribuirse a alta variabilidad en los datos y/o error experimental, por tal motivo no se puede demostrar de forma clara el efecto positivo de las aplicaciones de las cepas de *Trichoderma* sp. y AS sobre el contenido de clorofila en plantas. Por tal motivo es necesario mayor profundidad en el tema para esclarecer cómo se ven afectados los procesos metabólicos que participan en el aumento de esta variable cuando los tratamientos se aplican de manera conjunta.

Los resultados de la severidad de la enfermedad observados en los dos años de ensayo pueden atribuirse a condiciones climáticas adversas en el ensayo B, las cuales podrían haber afectado el desarrollo del patógeno, según lo indicado por Saharan y Mehta (2008). Los síntomas observados coincidieron con reportes anteriores de pérdida de turgencia, amarillamiento, necrosis, y la formación de micelio blanco y esclerocios en plantas con alta severidad, principalmente en el Testigo Relativo. Las diferencias estadísticas pueden atribuirse al efecto de los tratamientos sobre el desarrollo del patógeno en el tejido vegetal, posiblemente mediado por la generación de resistencia sistémica adquirida (RSA) o inducida (RSI), según discuten Ojaghian et al. (2013) y Yadav et al. (2017). En cuanto a *Trichoderma* sp, investigaciones como las de Vos et al. (2014) sugieren que puede inducir resistencia sistémica indirecta (RSI), lo cual podría explicar por qué el tratamiento T13 (*Trichoderma* cepa 22) mostró el menor valor de severidad en el ensayo A. Respecto a las aplicaciones combinadas de ácido salicílico (AS) y *Trichoderma* spp. fueron menos efectivas que la aplicación individual de *Trichoderma* sp. para reducir las lesiones causadas por la enfermedad evaluada. En el ensayo A, estas combinaciones no mostraron diferencias significativas en comparación con las aplicaciones independientes de AS. Sin embargo, en el ensayo B, aunque las combinaciones fueron superiores al testigo absoluto, no lograron controlar la enfermedad tan eficazmente como *Trichoderma* sp. individualmente.

En cuanto a la incidencia de la enfermedad, los resultados muestran que la posible respuesta de resistencia impulsadas o mediadas por AS (RSA) no impiden la colonización del tejido vegetal por parte del patógeno, ya que las plantas tratadas con 10 y 200 μ M de AS alcanzaron valores de 100% después de los 23 ddi en ambos ensayos (A y B). Se puede observar que el tratamiento de 10 μ M de AS (T5) y la cepa 22 de *T. harzianum* (T4) obtuvieron los menores valores de incidencia en el ensayo A a los 14 ddi.

Por lo antes dicho, se necesitan futuros ensayos para corroborar el efecto de la resistencia sistémica adquirida e inducida y la interacción con *Trichoderma* spp. para el manejo integrado de esta enfermedad.

CONCLUSIONES

El tratamiento *T.harzianum* Tri 22 y AS 200 μ M incremento en peso fresco en lechuga, pero no tuvo efecto en el peso seco, ni en el contenido de clorofila. En lo que respecta al peso seco no hubo efecto de la aplicación de *Trichoderma* sp., ni hubo efecto de la aplicación de las dos dosis de AS, ni tampoco en las aplicaciones combinadas. Lo mismo ocurrió respecto al contenido de clorofila en las hojas.

Por otra parte, en algunos casos los tratamientos estudiados retrasaron la incidencia de la enfermedad y en otros casi no tuvieron efecto, mientras que todos los tratamientos redujeron la severidad respecto del testigo relativo. Sin embargo no alcanzaron a controlar completamente la enfermedad) Respecto a la incidencia y severidad de la enfermedad, el tratamiento más efectivo fue *T.harzianum* . cepa 22. si bien no se observaron diferencias significativas entre tratamientos.

Se necesitan futuros ensayos para corroborar el efecto de la resistencia sistémica, adquirida e inducida, y la interacción con *Trichoderma harzianum*. para el manejo integrado de *Sclerotinia sclerotiorum*.

Contribución de los autores

Referencias. 1-administración del proyecto, 2-adquisición de fondos, 3-análisis formal, 4-conceptualización, 5-curaduría de datos, 6-escritura, revisión y edición, 7-investigación, 8-metodología, 9-recursos, 10-redacción, borrador original, 11-software, 12-supervisión, 13-validación, 14-visualización.

Nombre del autor	Colaboración académica													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Felipe Galvis Rojas	X		X	X	X	X	X	X		X	X		X	X
Daniel Gimenez			X		X	X		X		X		X	X	
Cecilia Mónaco	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

REFERENCIAS

- Akbudak, N. y Basay, S.** (29 y 30 de diciembre de 2013). *The elicitor response in lettuce* [Conferencia]. International Conference on Agriculture and Biotechnology. World Academy of Science, Engineering and Technology. Kuala-Lumpur, Malasia.
- Albert, D., Zboralski, A., Ciotola, M., Cadieux, M., Biessy, A., Blom, J. y Fillion, M.** (2024). Identification and genomic characterization of *Pseudomonas* spp. displaying biocontrol activity against *Sclerotinia sclerotiorum* in lettuce. *Frontiers in Microbiology*, 15, 1-14. <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2024.1304682>
- Alcalá, A., Fernández, N. y Aguirre, C.** (2006). *Respuesta del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) a la fertilización nitrogenada* [Trabajo final de grado, Universidad Nacional del Nordeste]. <https://redbiblio.unne.edu.ar/pergamo/documento.php?ui=6&recno=47995&id=CABRAL.6.47995>
- An, C. y Mou, Z.** (2011). Salicylic acid and its function in plant immunity. *Journal of Integrative Plant Biology*, 53(6), 412–428. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2011.01043.x>
- Arias, L., Tautiva, L., Piedrahíta, W. y Chaves, B.** (2007). Evaluación de tres métodos de control del Moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) en lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Agronomía Colombiana*, 25(1), 131-141.
- Chabur, M.** (2012). *Evaluación del efecto de liofilizado de cubios (Tropaeolum tuberosum) en las poblaciones microbianas de suelo como estrategia de manejo de rhizoctoniasis en cultivo de papa* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11527>
- Del Rio, A., Mancera, E., Antezana, J., Anaya, L. y Valencia, A.** (2023). Agrotóxicos y percepción de riesgos una experiencia de Ciencia Ciudadana en las Cuencas Lerna-Chapala y Patzcuaro-Zirahuen, Michoacan, Mexico. *Trenzar*, 5(9), 93-106.
- El-Khallal, S. M., Hathout, T. A., Ashour, A. E. y Kerrit, A. A.** (2009). Brassinolide and salicylic acid induced growth, biochemical activities and productivity of maize plants grown under salt stress. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5, 380-390.
- Galvis Rojas, I. F.** (2021). *Control de la podredumbre del cuello en lechuga mediante el uso de cepas de Trichoderma spp., ácido salicílico y su combinación como herramientas de manejo integrado de la enfermedad* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de La Plata] <https://doi.org/10.35537/10915/127017>
- Habibi, G. y Vazir, A.** (2017). High salicylic acid concentration alters the electron flow associated with photosystem II in barley. *Acta Agriculturae Slovenica*, 109(2), 393–402. <http://dx.doi.org/10.14720/aas.2017.109.2.22>
- Harman, G. E.** (2006). Overview of mechanism and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology*, 96(2), 190–194. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0190>
- Hayat, S., Fariduddin, Q., Ali, B. y Ahmad, A.** (2005). Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. *Acta Agronomica Hungarica*, 53(4), 433–437. <http://dx.doi.org/10.1556/AAGR.53.2005.4.9>
- Hermosa, R., Viterbo, A., Chet, I. y Monte, E.** (2012). Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. *Microbiology*, 158(1), 17–25. <https://doi.org/10.1099/mic.0.052274-0>
- Jamal, F., Uddin, H., Ahmad, M. R., Hasan, S. Mahbuba y Roni, A.** (2016). Effects of *Trichoderma* spp. on growth and yield characters of BARI Tomato-14. *International Journal of Business, Social and Scientific Research*, 4(2), 117–122.
- Jiménez, M., Arcia, A., Dilcia, U. y Hernández, A.** (2012). Evaluación de *Trichoderma* spp. y Acibenzolar-S-Metil (Bion®) como inductores de resistencia a la pudrición blanca *Sclerotium*

- cepivorum* Berk. en ajo (*Allium sativum* L.) bajo condiciones de campo. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 3(1), 14–25. <http://dx.doi.org/10.36610/j.jsars.2012.030100014>
- León, B., Ortiz, N., Condori, N. y Chura, E.** (2018). Cepas de *Trichoderma* con capacidad endofítica sobre el control del mildiu (*Peronospora variabilis* Gäum.) y mejora del rendimiento de quinua. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(1), 19-30. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.327>
- Martínez, B., Infante, D. y Reyes, Y.** (2013). *Trichoderma* spp. and their role in the control of crop pests. *Revista Protección Vegetal*, 28(1), 1-15.
- Matheron, M. y Porchas, M.** (2019). Optimizing Fungicide Inputs for Management of Lettuce Drop Caused by *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum*. *Plant Health Progress*, 20(4), 238-243. <https://doi.org/10.1094/PHP-08-19-0053-RS>
- McCune, B. y Grace, J.** (2002). *Analysis of ecological communities*. MjM Software.
- Mecatti, L., Domingues, E., De Moura, K., Harakava, R. y Rodrigues, F.** (2016). Selection of *Trichoderma* isolates for biological control of *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum* in lettuce. *Summa Phytopathol*, 42(3), 216-221. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-5405/2147>
- Moya, P.** (2016). *Antagonismo y efecto biocontrolador de Trichoderma spp. sobre Drechslera teres, agente causal de la "mancha en red" de la cebada (Hordeum vulgare L. var. vulgare)* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de La Plata]. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/60044>
- Ojaghian, M., AbdIwareth, A., Almoneafy, Z., Guan, X., Zhang, J., Changlin, C. y Li, B.** (2013). Application of acetyl salicylic acid and chemically different chitosans against storage carrot rot. *Postharvest Biology and Technology*, 84, 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.04.006>
- Pérez, E.** (2014). *Estudio de la ruta de shikimato en Trichoderma parareesei, su papel en el antagonismo del hongo y en las relaciones que establece con la planta* [Tesis de doctorado, Universidad de Salamanca]. <http://hdl.handle.net/10366/127848>
- Ramírez, A., Poveda, J., Martín, I., Hermosa, R., Monte, E. y Nicolás, C.** (2014). Salicylic acid prevents *Trichoderma harzianum* from entering the vascular system of roots. *Molecular Plant Pathology*, 15(8), 823-831. <http://dx.doi.org/10.1111/MPP.12141>
- Rolleri, J., Stocco, M., Moya, P. y Mónaco, C.** (2021). Posibilidades del uso de *Trichoderma harzianum* en el biocontrol del marchitamiento y cancro bacteriano del tomate. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 120(2), 080. <https://doi.org/10.24215/16699513e080>
- Saharan, G. y Mehta, N.** (2008). *Sclerotinia diseases of crop plants: Biology, ecology and disease management*. Springer.
- Shoresh, M., Harman, G. E. y Mastouri, F.** (2010). Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. *Annual Review of Phytopathology*, 48, 21–43. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-phyto-073009-114450>
- Smith, D.** (2004). *Biology and epidemiology of sclerotinia minor on peanut (Arachis hypogaea L.)* [Tesis de maestría, North Carolina State University]. <http://www.lib.ncsu.edu/resolver/1840.16/810>
- Stazonelli, A., Yasem, M. y Ploper L. D.** (19-21 de abril de 2017). *Capacidad antagonica in vivo de cepas nativas de Trichoderma sobre Sclerotinia sclerotiorum en plantines de lechuga* [Conferencia]. 4° Congreso Argentino de Fitopatología. Asociación Argentina de Fitopatólogos. Mendoza, Argentina.
- Tassara, C., Lopez, M. y Wright, E.** (1998). Ubicación y peso de micelio de *Sclerotinia sclerotiorum* para producir infección en lechuga (*Lactuca sativa*). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 18, 85-88.
- Uzunova, A. N. y Popova, L. P.** (2000). Effect of salicylic acid on leaf anatomy and chloroplast ultrastructure of barley plants. *Photosynthetica*, 38(2), 243–250. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1007226116925>
- Viglianchino, L. y Huarte, D.** (2014). *Ficha técnica para el cultivo de LECHUGA. Insecticidas/nematicidas/acaricidas, herbicidas, fungicidas, aprobados para su uso*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Centro Regional Buenos Aires sur.
- Vos, C., De Cremer, M., Cammue, K. y De Coninck, B.** (2014). The toolbox of *Trichoderma* spp. in the biocontrol of *Botrytis cinerea* disease. *Molecular Plant Pathology*, 16(4), 400–412. <http://dx.doi.org/10.1111/mpp.12189>
- Wang, D., Pajeroska-Mukhtar, K., Culler, A. y Dong, X.** (2007). Salicylic acid inhibits pathogen growth in plants through repression of the auxin signaling pathway. *Current Biology*, 17(20), 1784–1790. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2007.09.025>
- Wu, B. M. y Subbarao, K. V.** (2006). Analyses of lettuce drop incidence and population structure of *Sclerotinia sclerotiorum* and *S. minor*. *Phytopathology*, 96(12), 1322-1329. <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-96-1322>

Yadav, A., Ghasolia, R., Yadav, S. y Yadav, V. (2017). To elicit systemic acquired resistance by chemical inducers against *Sclerotinia sclerotiorum*. (Lib.) de Bary. *International Journal of Chemical Studies*, 5(4), 1551-1553.