

TRATAMIENTOS NUTRICIONALES Y DEFENSIVOS SOBRE SEMILLAS DE TRIGO
INTA EEA Pergamino,
Proyecto Regional Agrícola, Campaña 2014.

Ings. Agrs. (MSc) Gustavo N. Ferraris

UCT Agrícola INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 (B2700WAA) Pergamino

ferraris.gustavo@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de tratamientos curasemillas de diferente generación y el uso de aditivo de zinc (Zn) como acompañantes de un promotor de crecimiento-solubilizador de fósforo en Trigo. Hipotetizamos que es posible potenciar los efectos de promoción de crecimiento característicos de poblaciones microbianas, mediante la protección que brindan los activos fungicidas y el aporte nutricional del Zn. Se propone además que estos efectos son independientes del nivel de fertilización que recibe el cultivo.

Palabras clave: Trigo, PGPM, compatibilidad, nuevos desarrollos, interacción microorganismos-nutrientes-fungicidas

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento de campo en la localidad de Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, Argiudol típico. El ensayo fue sembrado el día 24 de Junio, en Siembra directa, siendo la variedad Don Mario Arex. El antecesor fue soja de primera. El experimento se fertilizó con fósforo (P) de base, y dos niveles de N. Se evaluaron tratamientos sobre semilla, que consistieron en el uso de micorrizas con fungicidas o zinc como acompañantes del inoculante – promotor de crecimiento Crinigan Trigo. El experimento fue conducido con un diseño en bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. La denominación de los mismos se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: *Tratamientos evaluados en el ensayo.*

	Tratamientos biológicos	acompañante	Dosis g-ml/kg	Nivel de N Dosis fertilizante (kg ha ⁻¹)
T1	Testigo			N1: 150 kg de Urea (46-0-0) N2: 300 kg de Urea (46-0-0)
T2	Crinigan Trigo		8 g/kg	N1: 150 kg de Urea (46-0-0) N2: 300 kg de Urea (46-0-0)
T3	Crinigan Trigo	Thiram - Carbendazim	8 + 3 g-ml/kg	N1: 150 kg de Urea (46-0-0) N2: 300 kg de Urea (46-0-0)
T4	Crinigan Trigo	Dividend Xtra	8 + 3 g-ml/kg	N1: 150 kg de Urea (46-0-0) N2: 300 kg de Urea (46-0-0)
T5	Crinigan Trigo	Thiram + Carbendazim + Teprozyn Zn	8 + 3 + 4 g-ml/kg	N1: 150 kg de Urea (46-0-0) N2: 300 kg de Urea (46-0-0)

Previo a la siembra, se realizó un análisis químico de suelo por bloque, cuyos resultados promedio se expresan en la Tabla 2. El sitio contaba con una alta disponibilidad hídrica inicial, de 180 mm de agua útil (0-140 cm).

Tabla 2: *Análisis de suelo al momento de la siembra*

Prof	pH	Materia Orgánica	N total	Fósforo disponible	N-Nitratos (0-20) cm	N-Nitratos suelo 0-60 cm	S-Sulfatos suelo 0-20 cm	Zinc
	agua 1:2,5	%		mg kg ⁻¹	ppm	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	ppm
0-20	5,4	2,73	0,130	8,0	12,7	58,8	8,2	1,04

En el estado de Zadoks 25 (final de macollaje) se determinó la acumulación de biomasa total. En Zadoks 41 (aristas visibles) se estimó N en hoja bandera mediante una medida adimensional no destructiva con Green seeker y el vigor de planta. En antesis (Z65) se midió la interceptación de radiación y altura de planta. La cosecha se realizó en forma mecánica, recolectado toda la parcela. Sobre muestra de cosecha se determinó NG (número de grano) y PG (peso de los granos). Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza (ANVA), comparaciones de medias y análisis de regresión.

RESULTADOS

A) Características climáticas de la campaña

En 2014, el almacenaje inicial de agua en el suelo fue elevado a partir de un histórico otoño climático. A excepción del mes de agosto, las precipitaciones continuaron en el tiempo configurando un escenario hídrico holgado (Figura 1). Menos favorables fueron las condiciones de radiación y temperaturas, especialmente por las marcas térmicas elevadas (Figuras 2 y 3, Tabla 3). También se verificó una alta presión de Roya de la hoja que llevó a realizar dos aplicaciones de fungicidas foliares Isopirazam (125 g/l) + Azoxistrobina (20 g/l).

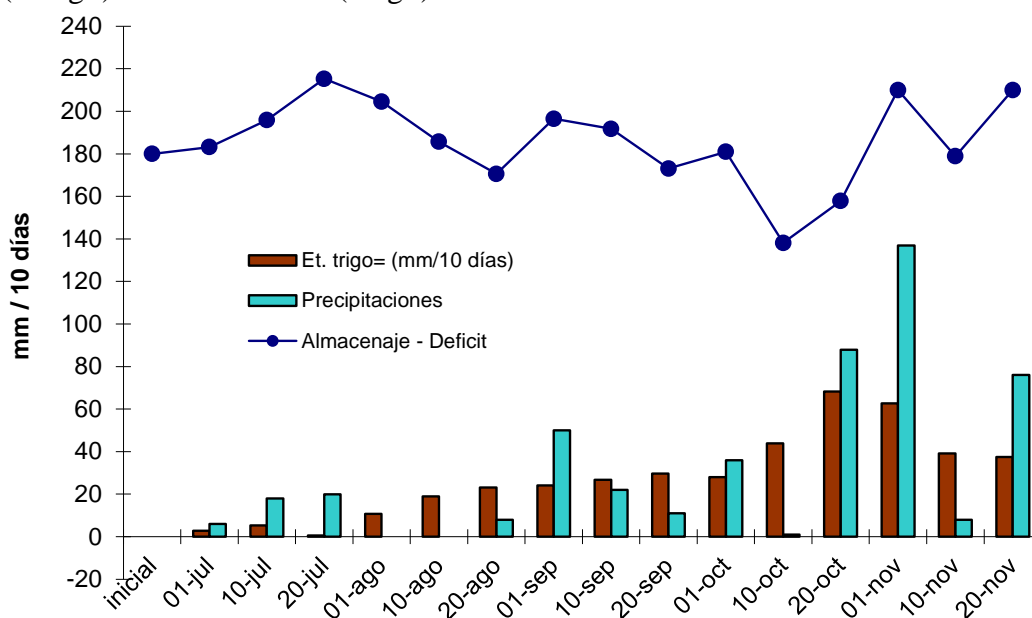


Figura 1: Evapotranspiración, precipitaciones y balance hídrico, expresados como lámina de agua útil (valores positivos) o déficit de evapotranspiración (valores negativos) para trigo en Pergamino. Valores acumulados cada 10 días en mm. Año 2014. Lámina de agua útil inicial (140 cm) 180 mm. Precipitaciones durante el ciclo: 480,6 mm.

En la Figura 2 se presenta el cociente fototermal (Q) (Fisher, 1985), el cual representa la relación existente entre la radiación efectiva diaria en superficie y la temperatura media diaria, y es una medida del potencial de crecimiento por unidad de tiempo térmico de desarrollo. En 2014 la frecuencia de días soleados fue elevada, sin embargo predominaron altas temperaturas, limitando el cociente fototermal (Figura 2 y Tabla 3).

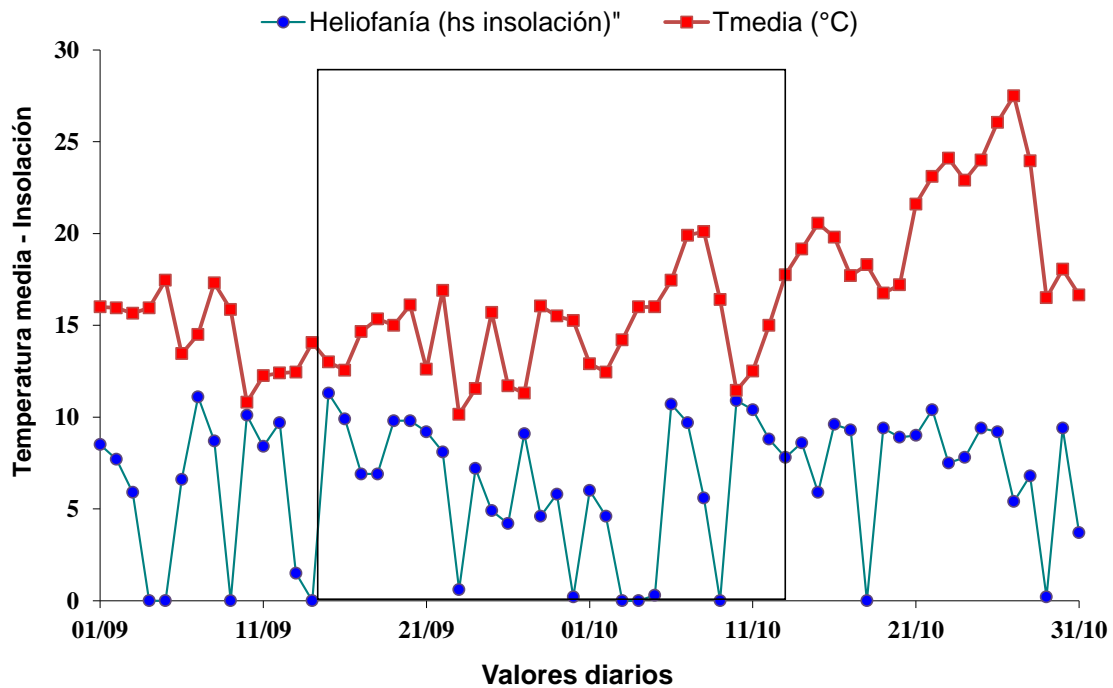


Figura 2: Horas diarias de insolación y temperaturas medias diarias en Pergamino en el período comprendido entre 1 de Setiembre y 31 de Octubre de 2014.

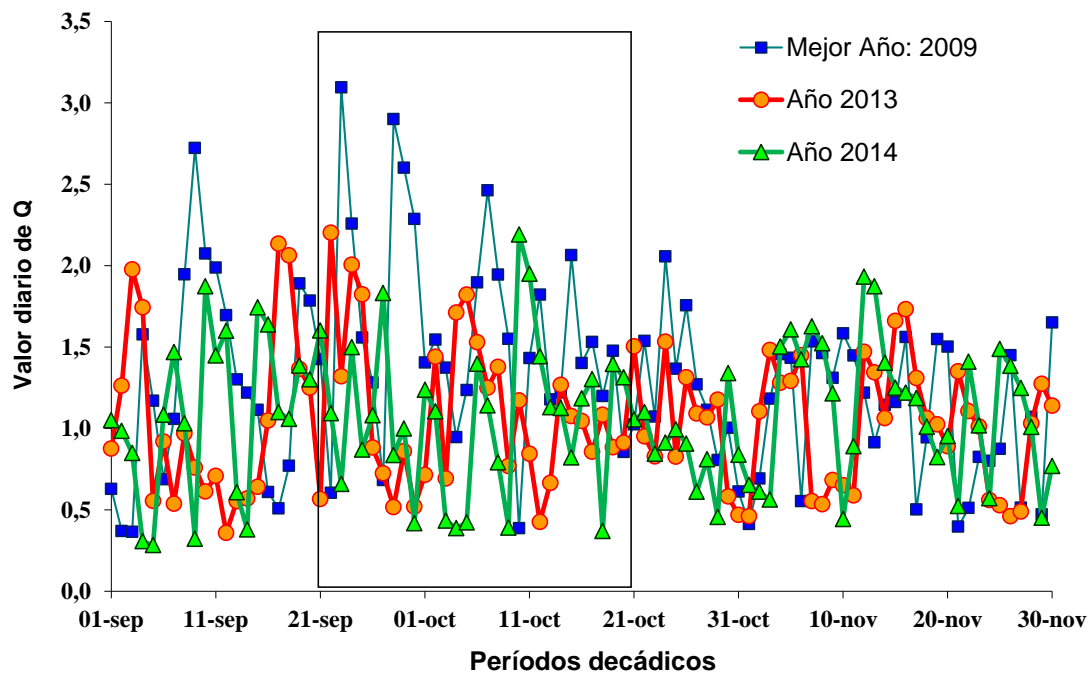


Figura 3: Cociente fototermal (Q) en el período comprendido entre el 1-septiembre y 30-noviembre de 2014, y su comparación con el año anterior y el mejor año de la última década. Datos estación meteorológica INTA Pergamino.

Tabla 3: Insolación efectiva (hs), Temperatura media (C°) y Cociente fototermal Q (T base $0^\circ C$) para el período crítico del cultivo de Trigo en la localidad de Pergamino. 1 al 30 de octubre en 2010, y 15 de setiembre al de 15 de octubre en el resto de los años.

Condiciones ambientales	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009	Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2014
Insolación Efectiva media (hs)	7,2	7,1	5,9	6,9	8,3	7,45	6,8	5,0	5,6	6,2
T media del período $^\circ C$	15,1	17,1	15,0	16,4	13,4	14,8	14,8	14,3	13,5	15,1
Cociente fototermal (Q) ($Mj\ m^{-2}\ día^{-1}\ ^\circ C^{-1}$)	1,24	1,10	1,12	1,10	1,56	1,34	1,19	1,11	1,20	1,11

b) Resultados del experimento

En la Tabla 4 se presentan datos de variables intermedias y observaciones tomadas durante el ciclo de cultivo, mientras que en la Tabla 5 el rendimiento y sus componentes.

Tabla 4: Parámetros morfológicos de cultivo: Plantas emergidas, Materia seca a finales de macollaje (Z25), altura de plantas, índice de vigor, lecturas de intensidad de verde por medio del sensor Green seeker e intercepción en antesis. En la línea inferior se presenta la correlación (R^2) de cada variable con los rendimientos. Tratamientos de semilla bajo dos niveles de Nitrógeno en Trigo. Pergamino, año 2014.

T	Factor 1: Tratamientos semilla	Factor 2: Dosis N (kg ha ⁻¹)	Plantas emergidas/ m ²	Mseca macollaje	Vigor	Altura	Valor Green Seeker	NDVI/ND VI testigo	Cobertu ra/Interc
T1	Testigo	150 kg (Urea)	165,0	1980,0	3,4	102,0	0,68	0,91	84,84
T2	Crinigan Trigo		205,0	2285,0	3,6	106,0	0,69	0,92	92,39
T3	Crinigan + TC		180,0	1660,0	3,5	105,0	0,66	0,88	90,89
T4	Crinigan + Divid		237,5	1705,0	3,7	109,0	0,71	0,95	88,47
T5	Crinigan + Tepr Zn		195,0	2260,0	3,8	109,0	0,69	0,92	93,51
T1	Testigo	300 kg (Urea)	160,0	2995,0	3,9	105,0	0,73	0,97	91,51
T2	Crinigan Trigo		202,5	2410,0	3,8	111,0	0,75	1,00	96,28
T3	Crinigan + TC		207,5	3205,0	3,9	110,0	0,73	0,97	89,04
T4	Crinigan + Divid		220,0	2330,0	4,0	115,0	0,75	1,00	98,71
T5	Crinigan + Tepr Zn		205,0	3025,0	4,2	115,0	0,73	0,97	99,66
R² vs rendimiento			0,40	0,23	0,57	0,75	0,67	0,67	0,55

Índice de Vigor: 1 mínimo 5-máximo Zadoks 25: final de macollaje.

NDVI Relativo: Cociente entre el NDVI por Green seeker del tratamiento n, y el NDVI máximo.

Tabla 5: Rendimiento, componentes del rendimiento, y respuesta absoluta a tratamientos de semilla, promedio de dos niveles de N en Trigo. Pergamino, año 2014.

T	Factor 1: Tratamientos semilla	Factor 2: Dosis N (kg ha ⁻¹)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	NG/m ²	PG x 1000 (g)	Dif con testigo absoluto (kg ha ⁻¹)
T1	Testigo	150 kg (Urea)	5430,8	13807,0	39,3	
T2	Crinigan Trigo		5873,1	14561,3	40,3	442,3
T3	Crinigan + TC		5542,3	13741,3	40,3	111,5
T4	Crinigan + Divid		5803,8	14041,6	41,3	373,0
T5	Crinigan + Tepr Zn		5534,6	13836,5	40,0	103,8
T1	Testigo	300 kg (Urea)	5692,3	14721,5	38,7	
T2	Crinigan Trigo		6050,0	16061,9	37,7	357,7
T3	Crinigan + TC		5969,2	15048,5	39,7	276,9
T4	Crinigan + Divid		6207,7	15649,6	39,7	515,4
T5	Crinigan + Tepr Zn		6146,2	15365,4	40,0	453,9
R² vs rendimiento				0,80	0,02	
Trat semilla (P=)			0,02			
Dosis N (P=)			0,00			
Trat semilla x DosisN (P=)			0,44			
CV (%)			2,82 %			

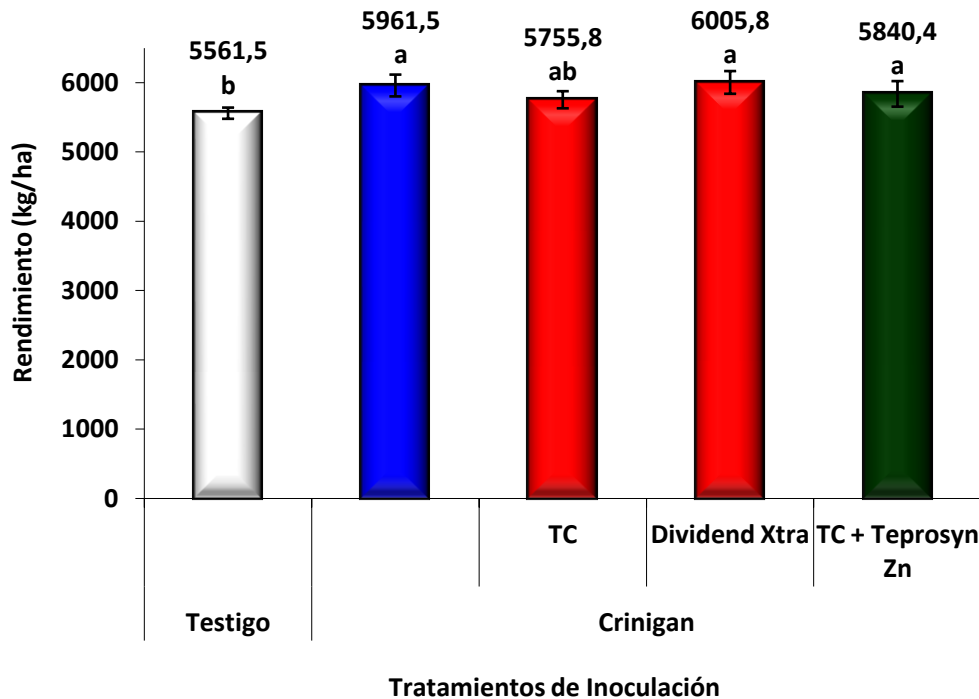


Figura 4: Producción media de grano de trigo según tratamientos de semilla con micorrizas –Crinigan Trigo-. Los valores son promedio de dos niveles de Nitrógeno. Letras distintas sobre las columnas indican diferencias significativas entre tratamientos (LSD $\alpha=0,05$). Las barras de error representan la desviación standard de la media. Pergamino, año 2014.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

* Los rendimientos abarcaron un rango entre 5561,5 y 6005,8 kg ha⁻¹ (Tabla 5), producción que puede considerarse elevada dadas las altas temperaturas que acompañaron al cultivo durante buena parte del ciclo. Por otra parte, estos rendimientos estuvieron por encima de la media regional.

* No se determinó interacción entre tratamientos de semilla y dosis de N ($P>0,10$; $cv=2,82\%$). En cambio, se verificó efecto significativo de tratamiento ($P=0,02$) y dosis de N ($P=0,00$) (Tabla 5).

* En general no se observaron diferencias marcadas entre los diferentes tratamientos de inoculación, de T2 a T5. El mayor salto productivo se obtuvo por la inoculación con Crinigan Trigo, sin un aporte considerable de las curasemillas ni el Zinc.

* Buena parte de las variables intermedias estudiadas mostraron una elevada correlación con los rendimientos del cultivo. Se cuentan el orden de jerarquía NG ($R^2=0,80$); Altura de plantas ($R^2=0,75$); NDVI relativo ($R^2=0,67$) y valor de Green seeker ($R^2=0,67$); Vigor ($R^2=0,57$), Intercepción ($R^2=0,55$) y por último número de plantas establecidas ($R^2=0,40$);

* Las hipótesis propuestas son aceptadas: Se confirma una tendencia positiva por el uso de micorrizas, permitiendo obtener diferencias de hasta 515,4 kg ha⁻¹, para la combinación con Dividend Xtra y en la dosis más alta de N. El incremento se produce a través de una secuencia de procesos, que incluyeron mayor emergencia, vigor, tamaño de planta e intensidad de verde –señal de la acumulación de N-, redundando en un mayor NG m⁻².

LITERATURA CITADA

*Belanger R, Dufour N, Caron J & Benhamou N. 1995. Chronological events associated with the antagonistic properties of *Trichoderma harzianum* against *Botrytis cinerea*: Indirect evidence for sequential role of antibiotics and parasitism. *Biocontrol Science Technology*. 5: 41-54.

*Cornelis P (2010) Iron uptake and metabolism in pseudomonads. *Appl Microbiol Biotechnol* 86 (6):1637-1645

*Couillerot O, Ramirez-Trujillo A, Walker V, von Felten A, Jansa J, Maurhofer M, Defago G, Prigent-Combaret C, Comte G, Caballero-Mellado J, Moenne-Loccoz Y (2013) Comparison of prominent *Azospirillum* strains in *Azospirillum*-*Pseudomonas*-*Glomus* consortia for promotion of maize growth. *Appl Microbiol Biotechnol* 97 (10):4639-4649

- * Chet I & Ibar J. 1994. Biological control of fungal pathogens. *Applied Biochemistry & Biotechnology* 48: 37-43.
- * Chet I, Ibar J & Hadar I. 1997. Fungal antagonists and mycoparasites. In *The Mycota IV: Environmental and Microbial Relationships* (Wicklow DT & Soderstrom B, eds.). New York: Springer Verlag, pp. 165-192.
- *Elad Y & Baker R. 1985. The role of competition for iron and carbon in suppression of chlamidospore germination of *Fusarium* spp. by *Pseudomonas* spp. *Phytopathology* 75: 1053.
- * Elad Y & Chet I. 1987. Possible role of competition for nutrients in biocontrol of *Pythium* damping-off by bacteria. *Phytopathology* 77: 190-195.
- * Ezziyyani M, Requena ME, Pérez Sánchez C, Egea Gilabert C & Candela ME. 2003. Mecanismos de biocontrol de la «tristeza» del pimiento (*Capsicum annuum* L.) por microorganismos antagonistas. *Actas de la XV Reunión de la Sociedad Española & VIII Congreso Hispano Luso de Fisiología Vegetal*.
- * Ferraris, G. 2013. Microorganismos con efecto Promotor de Crecimiento (PGPM) en cultivos extensivos. Impacto sobre los rendimientos, la eficiencia de uso de los nutrientes y otros caracteres de interés agronómico. 8 pp. En: Díaz-Zorita, Correa, Fernández Canigia y Lavado (eds). *Actas III Jornada del Instituto de Investigaciones en Biociencias Agrícolas. Aportes de la microbiología a la producción de los cultivos*. INBA-FAUBA. Buenos Aires, Junio de 2013.
- *Ferraris, G y V. Faggioli. 2010. Microorganismos con efecto promotor de crecimiento (PGPM) en cultivos extensivos. Impacto sobre los rendimientos, la eficiencia de uso de los nutrientes y otros caracteres de interés agronómico. Resúmenes. pp 8-9. Taller Internacional de Rizósfera, Biodiversidad y Agricultura sustentable. XXII Congreso Argentino de Microbiología.
- *Lugtenberg B, Kamilova F (2009) Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annu Rev Microbiol* 63:541-556
- *Manual de procedimientos microbiológicos para la evaluación de inoculantes (2013). 1 edn. Asociación Argentina de Microbiología, Buenos Aires
- *Mendes R, Kruijt M, de Bruijn I, Dekkers E, van der Voort M, Schneider JH, Piceno YM, DeSantis TZ, Andersen GL, Bakker PA, Raaijmakers JM (2011) Deciphering the rhizosphere microbiome for disease-suppressive bacteria. *Science* 332 (6033):1097-1100
- *Meyer JB, Lutz MP, Frapolli M, Pechy-Tarr M, Rochat L, Keel C, Defago G, Maurhofer M (2010) Interplay between wheat cultivars, biocontrol pseudomonads, and soil. *Appl Environ Microbiol* 76 (18):6196-6204.
- *Papavizas GC, Lewis JA & Abd-Elmoity TH. 1982. Evaluation of new biotypes of *Trichoderma harzianum* for tolerance to Benomyl and enhanced biocontrol capabilities. *Phytopathology* 72: 126-132.
- **Pseudomonas*. A model system in biology. (2007), vol 5. 1 edn. Springer, New York
- *Sid Ahmed A, Pérez Sánchez C & Candela ME. 2000. Evaluation of induction of systemic resistance in pepper plants (*Capsicum annuum*) to *Phytophthora capsici* using *Trichoderma harzianum* and its relation with capsidiol accumulation. *European Journal of Plant Pathology* 106: 817-824.
- *Sid Ahmed A, Ezziyyani M, Pérez Sánchez C & Candela ME. 2003. Effect of chitin on biological control activity of *Bacillus* spp. and *Trichoderma harzianum* against root rot disease in pepper (*Capsicum annuum*) plants. *European Journal of Plant Pathology* 109: 418-426
- *Valverde C, Ferraris G (2009) Las pseudomonas: Un grupo heterogéneo con diversos mecanismos promotores del desarrollo vegetal. In: Puente ML, García JE, Peticari A (eds) *Uso actual y potencial de microorganismos para mejorar la nutrición y el desarrollo en trigo y maíz*. 1 edn. INTA, Buenos Aires, pp 22-43
- * Yedidia I, Benhamou N & Chet I. 1999. Induction of defence responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. *Applied and Environmental Microbiology* 65:1061-1070.