

## EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA A PERONOSPORA Y FUSARIUM EN CEBOLLA - SÍNTESIS DE RESULTADOS 2007-2009

Guillermo Galván<sup>1</sup>  
Mariana Andino<sup>1</sup>, Bettina Porta<sup>2</sup>, Elsa Perdomo<sup>3</sup>,  
Paula Colnago<sup>1</sup>, Manuel Noguez<sup>1</sup>, Sebastián Peluffo<sup>1</sup>,  
Pablo González Ravelino<sup>3</sup>

### Introducción

Por las características climáticas del país, las enfermedades en el cultivo de cebolla tienen alta incidencia, lo que ocasiona reducción en los rendimientos y un alto uso de agrotóxicos. Tanto en la región sur como en el litoral norte, *Peronospora destructor* es la enfermedad foliar más relevante por su desarrollo explosivo. Por otro lado, la podredumbre basal de la cebolla causada por *Fusarium* sp. es un problema endémico y creciente en Uruguay, que llega a ser grave en algunos predios con monocultivo ajo-cebolla. *Fusarium* causa pérdidas de plantas y disminución del crecimiento durante el cultivo, así como pérdidas también en poscosecha. La selección recurrente para explotar la variabilidad entre y dentro de cultivares y accesiones ha sido utilizada en la selección recurrente para el desarrollo de selecciones resistentes por numerosos programas de mejoramiento de USA y otros países (Cramer 2000).

Desde 2007 se ha trabajado en la evaluación de la variabilidad en el germoplasma local de cebolla en la respuesta a *Peronospora destructor* y a *Fusarium* sp. en cooperación con INIA (Proyecto FPTA-INIA). En menor medida, también se realizó la evaluación de cultivares introducidos y especies del género *Allium* cercanas a cebolla. A continuación se presenta una síntesis de los resultados en el período 2007-2009, y la identificación de poblaciones locales y cultivares con comportamiento destacado frente a estas enfermedades.

### Evaluación de la respuesta a Peronospora

#### Metodología

Se realizaron ensayos a campo en los que se evaluaron accesiones conservadas en el Banco de Germoplasma de Facultad de Agronomía, colectadas en el período 1987-1998. Además, se incluyeron cultivares nacionales y extranjeros. Se evaluaron entre 15 y 30 accesiones por ensayo. En 2009 se realizaron dos fechas de siembra. En la fecha temprana, se incluyeron todos los materiales genéticos, ya que es la que presenta mayor severidad de la enfermedad. La segunda fecha tuvo por objetivo evaluar los materiales de día largo (DL) en su ciclo correspondiente.

<sup>1</sup> Departamento de Producción Vegetal, Centro Regional Sur, Facultad de Agronomía.

<sup>2</sup> Departamento de Biología Vegetal, Facultad de Agronomía.

<sup>3</sup> Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de la República  
Trabajo realizado como parte del Proyecto FPTA-INIA “Resistencia a enfermedades de cebolla” (2007-2010).

Se realizaron almácigos en canteros solarizados y trasplante en canteros con tres filas de plantas (aprox. 200 mil pl/ha). No se realizaron aplicaciones para el control químico de enfermedades. Se intercalaron canteros de Pantanoso del Sauce CRS, como cultivar susceptible, para homogeneizar la presión de inóculo.

Se utilizó un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones, con parcelas de 60 plantas en tres filas de 20 plantas cada una. Se evaluó la fila central de cada parcela cada dos semanas en incidencia (proporción de plantas con manchas típicas de *P. destructor* o esporuladas), severidad (porcentaje estimado del área foliar afectada). En 2009 se registró la proporción de plantas con manchas esporuladas.

En forma complementaria, se ajustó la metodología para evaluar la respuesta a *P. destructor* en un solarío con condiciones controladas de temperatura y humedad relativa. En 2009 se realizaron dos ensayos que incluyeron cultivares, poblaciones locales, *Allium fistulosum*, *A. galanthum* y *A. roylei*. El inóculo se obtuvo a partir de hojas cubiertas de esporulación en los cultivos a campo, colectadas en las primeras horas de la mañana. Las plantas inoculadas en el solarío se mantuvieron a 10°C y alta humedad relativa (100%) durante los primeros cuatro días posteriores a la inoculación. En los días siguientes, la temperatura varió de 10-14°C en la noche a 17-20°C en el día. Se realizaron evaluaciones a los 8 y a los 21 días post-inoculación.

#### *Evaluaciones a campo*

En los ensayos realizados en el período 2007 a 2009, se identificaron poblaciones locales y cultivares con destacadas por la menor incidencia y severidad de *P. destructor* (Tabla 1). Se destacó el grupo de poblaciones de día largo (DL), de tipo valencianas. En particular las poblaciones UR9104, UR8902 y UR8815, que fueron las que presentaron los valores más bajos de incidencia y severidad en el ensayo 2007, confirmaron ese comportamiento en 2009 (Fecha 2).

La respuesta destacada del germoplasma de día largo podría ser el resultado de mecanismos activos de resistencia, o de diferencias fisiológicas relacionadas al estado de desarrollo que condicionan la susceptibilidad al patógeno (Colnago 2010). Aun cuando se sembraron en la misma fecha, las accesiones de DL mantuvieron el crecimiento foliar por más tiempo que las de DI y DC, y entraron en bulbificación más tarde. Esta diferencia fisiológica podría derivar en diferencias en la respuesta a *P. destructor*, como se observa en otros patosistemas (Pierre et al. 2007). Sin embargo, el hecho de que UR9104 y UR8902 hayan sido las poblaciones menos afectadas en 2007 y 2009 dentro de un grupo de accesiones de DL, sugiere que existirían mecanismos específicos de resistencia.

**Tabla 1.** Poblaciones locales y cultivares destacados por su comportamiento frente a *Peronospora destructor*, ensayos 2007-2009.

Accesiones y cultivares	Ciclo	2007		2008		2009			
		Inc	Sev	Inc	Sev	Fecha 1		Fecha 2	
						Inc	Esp	Inc	Esp
<b>Controles susceptibles</b>									
INIA Casera	DC	–		65	15	98	90	99	96
Pantanoso del Sauce	DI	84	20	–		90	74	–	
<b>Accesiones destacadas</b>									
Pantanoso x Regia	–	–		–		87	65	–	
Regia	DC-DI	–		–		65	26	–	
INIA Naque (Colorada)	DC-DI	83	28	–		78	69	100	49
UR 9706	DI	58	9	88	8	86	78	–	
UR 9102	DI	60	14	–		–		–	
UR 9104	DL	3	11	–		99	84	96	8
UR 8902	DL	43	7	–		91	79	87	15
UR 8815	DL	42	11	–		92	75	100	21

(Inc) Incidencia, (Sev) Severidad, (Esp) Porcentaje de plantas con esporulación.

Dentro del grupo de día intermedio (DI), el cultivar Regia (Asgrow, Brasil) se destacó por la baja incidencia y severidad de *P. destructor*. También se identificaron poblaciones locales de DI con comportamiento destacado dentro de su grupo. En particular, UR9706 tuvo diferencia significativa en incidencia y severidad con el resto del grupo de DI en 2007 y en 2008.

Durante 2009 se dieron condiciones climáticas muy favorables para la enfermedad, que determinaron valores muy altos de incidencia y severidad para todo el ensayo temprano, y una fuerte disminución en los rendimientos respecto a lo esperable. En estas severas condiciones, el cultivar Regia mantuvo un comportamiento destacado (Tabla 1). Este resultado confirma evaluaciones realizadas en 2008 en ensayos de cultivares (Peluffo et al. 2009), y observaciones del cultivar Regia realizadas en cultivos comerciales (González, P.H., com. pers.). Regia (de tipo DC-DI) es otro ejemplo que evidencia la presencia de mecanismos de resistencia activos frente a *P. destructor*. La progenie de un cruzamiento de los cultivares Regia x Pantanoso del Sauce (tendiente a combinar la resistencia de un padre con características agronómicas del otro) tuvo una respuesta a *P. destructor* intermedia entre los dos padres.

### Evaluaciones en condiciones controladas

Se ajustó la metodología para la inoculación con *P. destructor* en condiciones controladas. La humedad relativa cercana a la saturación y temperaturas en el rango de 10 a 15°C, se confirmaron como requisitos imprescindibles para lograr infección y posterior esporulación.

**Tabla 2.** Evaluación de la incidencia, severidad y esporulación en el material vegetal inoculado con *P. destructor* en octubre 2009.

Material Vegetal	Nro planta s	Incidencia				Severidad <sup>1</sup>		Esporul a- ción 21 ddi
		8 d.d.i.	%	21 d.d.i.	%	8 d.d.i.	21 d.d.i.	
INIA Fagro Dulce	3	3	0	3	0	3.0	3.3	1.00
Pantanosos del Sauce	11	7	64	11	0	1.5 a	3.3 a	ns
INIA Colorada Valenciana	10	8	80	10	0	1.2 ab	1.7 b	0.83
Caballero	12	3	25	11	92	0.3 b	2.7 ab	0.89
<i>Allium fistulosum</i>	11	6	55	10	91	1.0 ab	0.7 ab	0.75

<sup>1</sup> Se utilizó una escala de 0 a 4 para evaluar severidad: 0: sin síntomas; 1: menor a 5% del área foliar afectada; 2: entre 5 y 25%; 3: de 25 a 50%; 4: mayor a 50%. ns: sin diferencias significativas.

Se observaron síntomas necróticos desde los 7-9 días después de la inoculación, que se incrementaron en la segunda evaluación a los 21 días, momento en el cual se observó esporulación. La incidencia llegó al 100% de las plantas inoculadas en los cultivares de cebolla susceptibles, con un nivel de severidad que provocó el colapso de las hojas inoculadas en los cultivares más susceptibles (Tablas 2 y 3).

*Allium fistulosum* tuvo manchas necróticas de 2 a 6 mm de diámetro, más chicas que los cultivares susceptibles INIA Fagro Dulce y Pantanosos del Sauce (manchas ovoides de 10 a 30 mm de diámetro, que coalescen). Este resultado coincide con trabajos que reportaron susceptibilidad de *A. fistulosum* a *P. destructor* (Kofet y Zinkernagel 1989), aunque con un grado menor que la mayoría de los cultivares de cebolla (*A. cepa*).

**Tabla 3.** Evaluación de la incidencia, severidad y esporulación observada en el material vegetal inoculado con *P. destructor*. Noviembre 2009.

Material Vegetal	Nro plantas	Incidencia				Severidad <sup>1</sup>		Esporulación 21 d.d.i.
		9 d.d.i.	%	21 d.d.i.	%	9 d.d.i.	21 d.d.i.	
<i>Allium fistulosum</i>	5	4	80	5	0	1.0	2.00	4
<i>Allium roylei</i>	3	1	33	1	33	0.3	0.33	0
<i>Allium galanthum</i>	5	5	0	5	0	1.0	2.20	2
Pantanoso del Sauce	5	5	0	5	0	1.0	2.80	2
Pobl. local Caballero	5	4	80	5	0	1.0	2.80	2
Siete Cáscaras (INIA)	5	5	80	5	0	1.0	2.40	3

<sup>1</sup> Se utilizó una escala de 0 a 4 para evaluar severidad: 0: sin síntomas; 1: menor a 5% del área foliar afectada; 2: entre 5 y 20%; 3: de 20 a 50%; 4: mayor a 50%.

INIA-Fagro Dulce y Pantanoso del Sauce CRS alcanzaron 100% de incidencia y alta severidad. El cultivar INIA Naqué (colorada) presentó menor progreso en la severidad que los cultivares susceptibles INIA-Fagro Dulce y Pantanoso del Sauce CRS en la segunda evaluación (21 d.d.i.), resultado que coincide con las diferencias observadas a campo. Las poblaciones locales valenciana Caballero y *A. fistulosum* tuvieron menor expresión inicial de la enfermedad que otros cultivares de cebolla. En la segunda evaluación, el nivel de incidencia y severidad fue alto, sin diferencias entre los cultivares evaluados.

En un segundo ensayo (Tabla 3), se comprobó que *Allium roylei*, que posee un gen que confiere resistencia completa (Scholten et al. 2007), efectivamente no tuvo síntomas. *Allium fistulosum* y *A. galanthum* tuvieron resistencia parcial, seguidas de las poblaciones locales valencianas (DL), y finalmente por Pantanoso del Sauce como control susceptible. En este ensayo, nuevamente, los resultados se correspondieron con las observaciones a campo. Por tanto, la inoculación en condiciones controladas es una herramienta complementaria de gran utilidad en el mejoramiento genético que puede facilitar y dinamizar la selección y evaluación de materiales, con independencia de las condiciones ambientales a campo. También posibilitaría la realización de trabajos que profundizaran el conocimiento acerca de la biología de *P. destructor* y sobre los mecanismos de resistencia.

### Evaluación de la respuesta a la podredumbre basal (*Fusarium* sp.)

#### Metodología

La evaluación de la respuesta a *Fusarium* sp. se realizó en los bulbos cosechados de los ensayos instalados para la evaluación de resistencia a *P. destructor*, ya descritos (2007-

2009). Para la evaluación de la podredumbre basal, se registró la ocurrencia de áreas necróticas y pudriciones en el disco basal luego del curado de los bulbos (30-40 días después de la cosecha). Se tomó una muestra de 20 bulbos de cada accesión, obtenida de dos bloques al azar (32 bulbos de los cuatro bloques en 2009).

En 2009, además, se realizó un ensayo en un predio comercial (Sr. Lissini, La Paloma, Canelones), con cuatro accesiones seleccionadas por su mejor comportamiento frente a *Fusarium* en 2007. Se instalaron parcelas en un Vertisol (loma) y en un Brunosol (ladera baja).

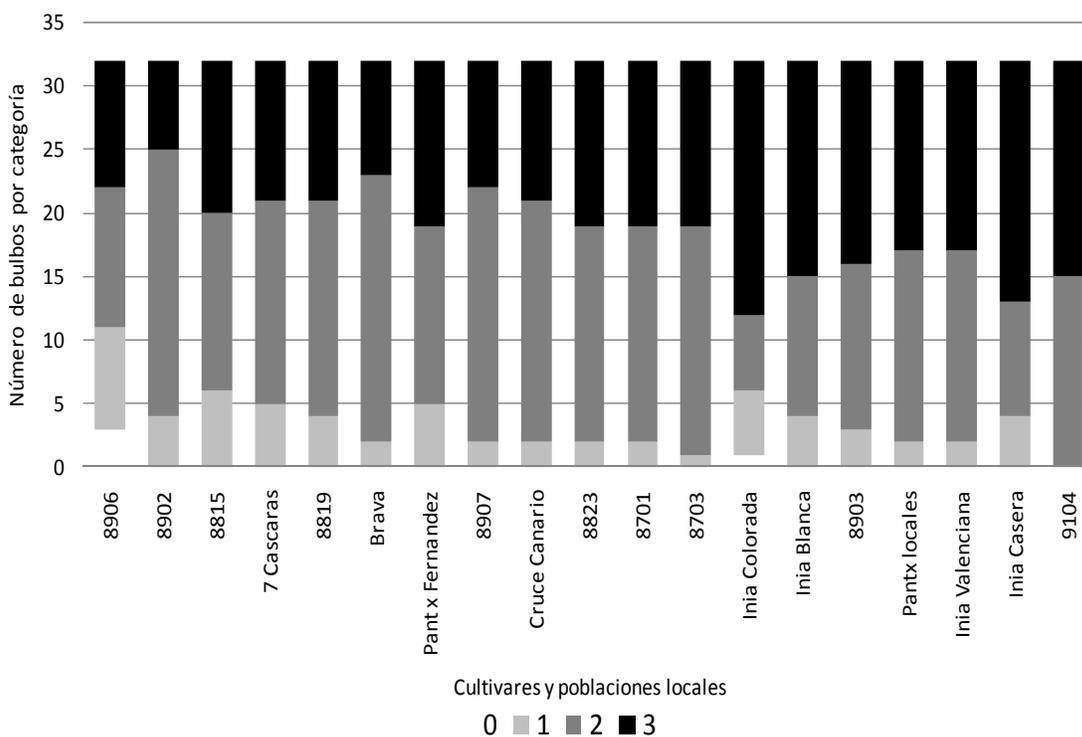
El disco basal de cada bulbo se cortó en forma de rebanada, para observar la presencia de infecciones desarrolladas internamente (Gutierrez y Cramer, 2005). Las infecciones aparecen como áreas marrones a rojizas en la superficie del corte, en lugar de la coloración blanco-crema típica del disco basal sano. Para cuantificar la podredumbre basal, se utilizó una escala ordinal: 0 (sin síntomas), 1 (infección leve, hasta 10% de la superficie del corte), 2 (infección intermedia, de 10 a 50%), 3 (infección de más del 50% del disco basal y pudriciones).

### *Resultados*

En 2007 se identificaron las poblaciones UR8703, 8819, 8903 y 8907 por la menor severidad de podredumbre basal. Los bulbos en categorías 0 (sanos) y 1 (levemente infectados) se seleccionaron y multiplicaron en 2008, iniciando un proceso de selección recurrente. El producto se evaluó en 2009 en el CRS y en un predio comercial con alta incidencia de *Fusarium*.

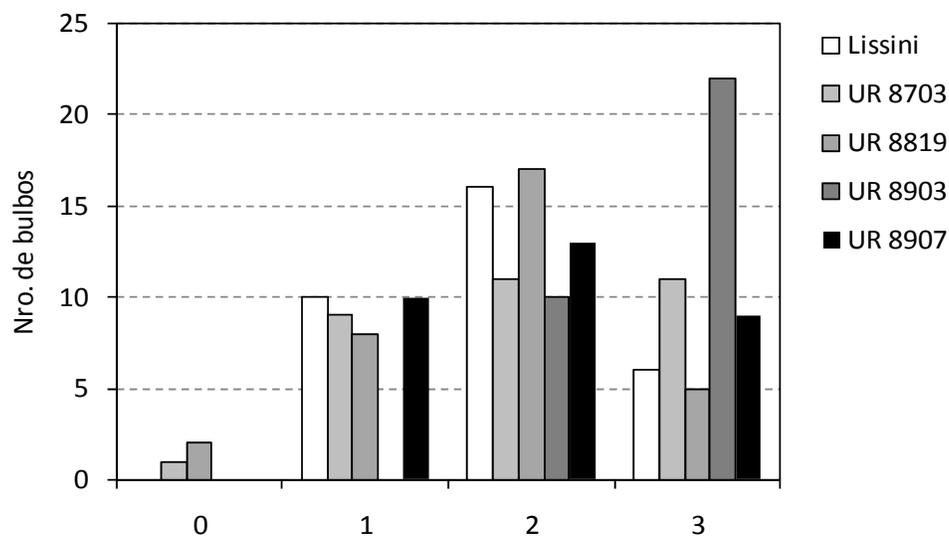
En 2009 se observó una alta incidencia de *Fusarium*, aun cuando no provocaran marchitez o podredumbre de los bulbos en poscosecha. En el CRS la severidad fue mayor que en el predio de La Paloma. En el ensayo temprano (de evaluación de *Peronospora*), se observaron infecciones con severidad 3 (50 a 100% del disco basal infectado y podredumbres) en 30 a 60% de los bulbos. En el ensayo tardío predominaron las infecciones intermedias (Figura 1). En ese marco, la población UR 8906 se destacó en ambos ensayos.

En el ensayo en La Paloma, las poblaciones UR8819 y 8903 mantuvieron una proporción de bulbos sanos (Nivel 0) e infecciones leves (Nivel 1), pero no así las poblaciones UR8703 y 8907 (Figura 2). La población multiplicada por el productor Lissini, e incluida como testigo, tuvo un comportamiento comparable a UR8819 y 8903. La selección realizada por el productor (por rendimiento, calidad y conservación), podría implicar una selección indirecta por mejor comportamiento frente a las cepas de *Fusarium* presentes en su predio, y explicaría el resultado observado.

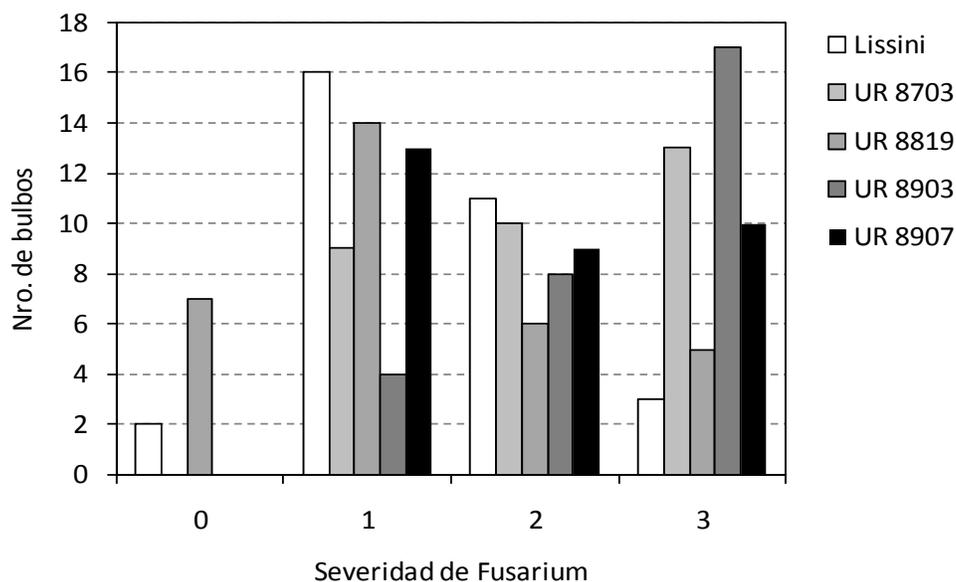


**Figura 1.** Distribución de niveles de severidad de la podredumbre basal (*Fusarium* sp.) en los bulbos del ensayo 2009, siembra tardía.

**A**



**B**



**Figura 2.** Distribución de niveles de severidad en la podredumbre basal causada por *Fusarium* sp. para cuatro poblaciones locales seleccionadas en 2007 y un testigo, evaluadas en un predio con suelos infectados (Sr. Lissini, La Paloma, Canelones) en 2009. **(A)** Parcelas en un vertisol. **(B)** Parcelas en un brunosol.

## Agradecimientos

Al Sr. Javier Lissini y su familia, por la instalación y cuidado de las parcelas de evaluación de *Fusarium* en su predio.

El Ing. Agr. Dr. Diego Maeso (INIA) contribuyó a definir la metodología de evaluación de *Peronospora destructor* en los ensayos a campo, y en los ensayos en condiciones controladas.

## Referencias

Colnago, P. 2010. Evaluación de la respuesta a *Peronospora destructor* (Berk.) Casp. en el germoplasma local de cebolla. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.

Cramer, C. S. 2000. Breeding and genetics of *Fusarium* basal rot resistance in onion. *Euphytica* 115: 159-166.

Gutierrez, J. A., & Cramer, C. S. (2005). Screening short-day onion cultivars for resistance to *Fusarium* basal rot. *HortScience* 40:157-160.

Pierre, M.; Riviere, D.; Galiana, E. 2007. Resistance to pathogens and host developmental stage: a multifaceted relationship within the plant kingdom. *New Phytologist*. 175: 405-416.

Scholten, O.E.; Van Heusden, A.W.; Khrustaleva, L.I.; Burger-Meijer, K.; Mank, R.A.; Antonise, R.G.C.; Harrewijn, J.L.; Van Haecke, W.; Oost, E.H.; Peters, R.J.; Kik, C. 2007. The long and winding road leading to the successful introgression of downy mildew resistance into onion. *Euphytica*. 156: 345-353.