

Red de **INNOVADORES**

REVISTA TÉCNICA CULTIVOS DE INVIERNO 2021

**Efecto de los cultivos de servicio
sobre las pérdidas de agua
y suelo por erosión hídrica**

ADEMÁS:
Herbicidas postemergentes
para el control de nabo resistente
en cultivos de trigo candeal.
Regional Tandilia Aapresid

Coriandro: una alternativa
productiva sustentable y rentable

ISSN 1850-1559
Correo Argentino
Francisco a pagar
Clas. Cie. N° 14641

CIENCIA, EXPERIENCIA Y TECNOLOGÍA

**La información que el productor
necesita en el momento justo**

Autor: Erreguerena, I.A.

EEA INTA Manfredi

Distribución, epidemiología, diagnóstico y manejo de *Ramularia collo cygni*, agente causal del salpicado necrótico de la cebada

La mancha por *Ramularia* es una de las enfermedades que más limita al cultivo de cebada a nivel mundial. En Argentina, las pérdidas ascienden a 1-1.5 tn/ha, aunque las mayores caídas se observan en el calibre y peso de mil granos.

Palabras Claves:

Enfermedades; Salpicado
Necrótico; Cebada;
Sintomatología; Manejo.

Distribución de *Ramularia collo-cygni* e impacto del salpicado necrótico de la cebada

El salpicado necrótico de la cebada o mancha por *Ramularia* es considerada una de las enfermedades más importantes y que más limita al cultivo de cebada a nivel mundial. El agente causal, el hongo *Ramularia collo-cygni* (Rcc), se encuentra ampliamente distribuido en la mayoría de los países productores de cebada, siendo Sudáfrica (2014) y Australia (2017) los últimos en reportar su presencia (**Figura 1**).

En Argentina se detectó por primera vez por Kiehr *et al.* (2002) para luego provocar una severa epifitía en la campaña 2012-13, durante plena expansión de la cebada en el país, reportada por Carmona *et al.* (2013). Si bien esta enfermedad afectó a la mayor parte del área sembrada, la zona sur de la provincia de Buenos Aires suele ser la de mayor prevalencia de la enfermedad (Erreguerena, 2015-2016; Moreyra *et al.*, 2018). Las pérdidas por esta enfermedad ascienden a 1-1.5 tn/ha, aunque las mayores caídas se observan en el calibre y peso de mil granos (Erreguerena *et al.*, 2014 y 2016).

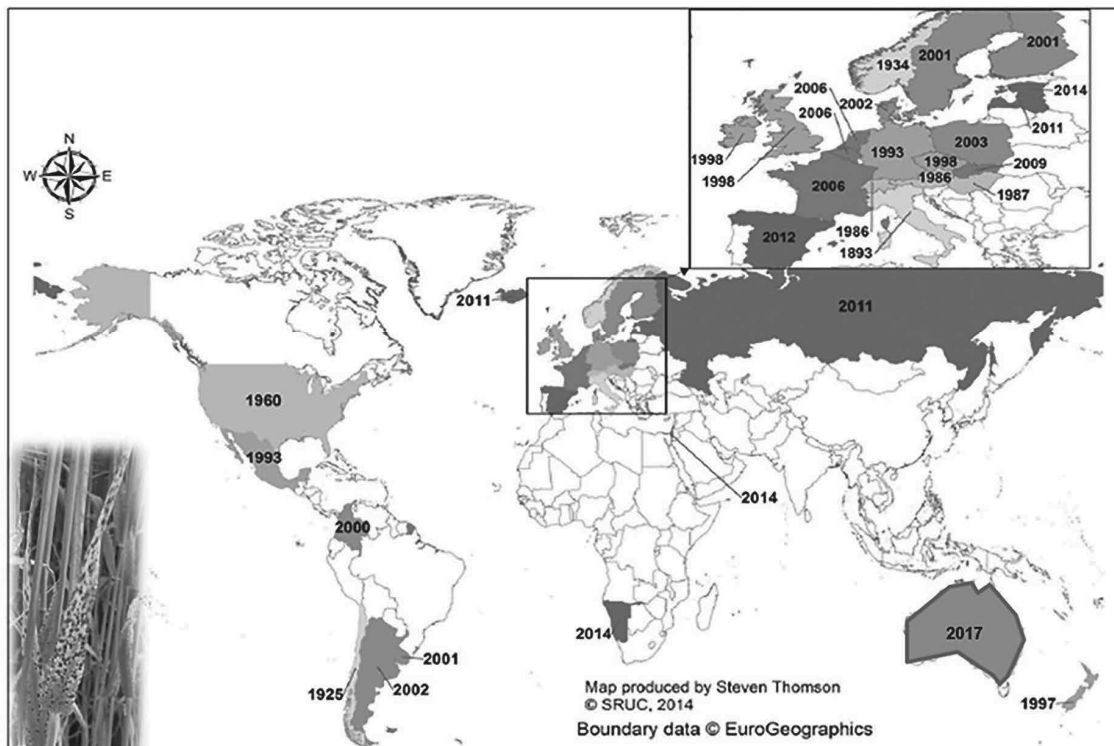
Síntomas y signos del salpicado necrótico de la cebada o mancha por *Ramularia*

La sintomatología de esta enfermedad se evidencia alrededor de floración como puntos necróticos con halo clorótico amarillo, que luego derivan en manchas más grandes y rectangulares. En estadios tempranos, puede generar pequeñas manchas y esporular en hojas senescentes. Su diagnóstico en campo es muy difícil, aunque tiene gran importancia epidemiológica (**Figura 2**). Cabe destacar que la detección temprana de Rcc en un lote no es indicador de futura epifitía ya que para esto deben darse ciertas condiciones a lo largo del ciclo del cultivo que discutiremos más adelante.

Los signos del patógeno están constituidos por conidios y conidióforos sobre y alrededor de las manchas, y pueden observarse sus conidióforos emergiendo por los estomas con su apariencia de cuello de cisne característica en forma de fascículos, generalmente en el envés de la hoja (**Figura 3**). Sus conidios son los más pequeños y livianos de todos los patógenos de cebada (8 x 4 um), por lo que puede transportarse fácilmente por viento a grandes distancias.

Figura 1

Distribución y año de registro del hongo *Ramularia collo-cygni* en el mundo (adaptado de Thompson S., 2014).



Esta enfermedad puede confundirse fácilmente con el inicio de otras enfermedades y/o manchas fisiológicas, sobre todo cuando comienzan los primeros síntomas. En la **Figura 4** se listan cinco características que pueden ayudar en el diagnóstico en campo. En este sentido, una cuestión a destacar es que la variedad de cebada Montoya, que en la actualidad está ganando área de siembra, presenta todos los años manchas fisiológicas

similares a las que produce Rcc, llevando a confusiones y/o a implementación de medidas de control innecesarias (**Figura 5**).

Epidemiología de *Ramularia collo-cygni*

El ciclo de la enfermedad comienza con las fuentes de inóculo que pueden ser semilla, rastrojo y esporas de hospedantes alternativos, plantas de cebada

Figura 2

Sintomatología del salpicado necrótico de la cebada (Fotos: Erreguerena I.)

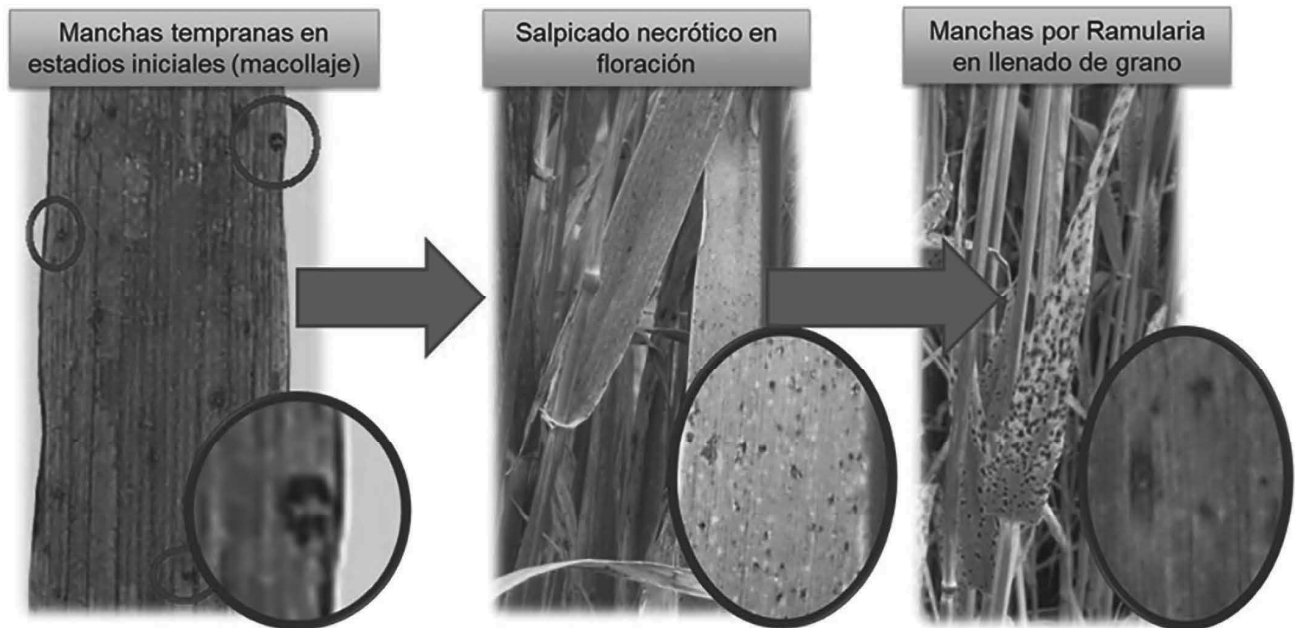
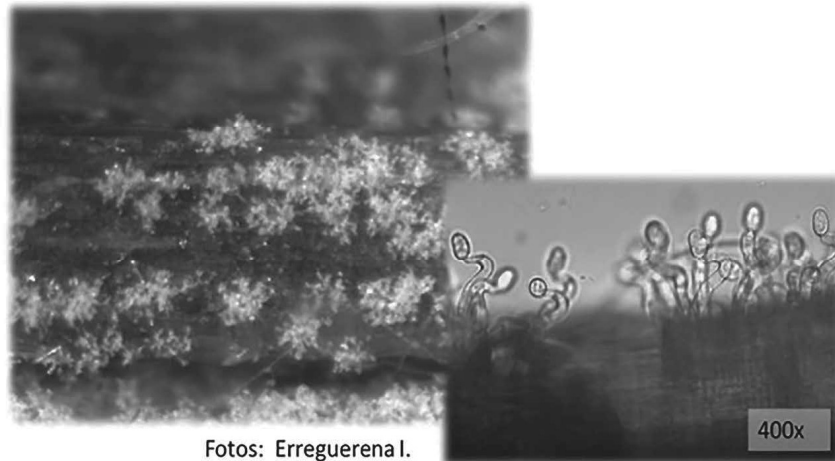


Figura 3

Signos de *Ramularia collo-cygni*. Fotos: Erreguerena I.



Fotos: Erreguerena I.

Figura 4

Pautas para el diagnóstico en campo del salpicado necrótico de la cebada (Fotos: Erreguerena I).

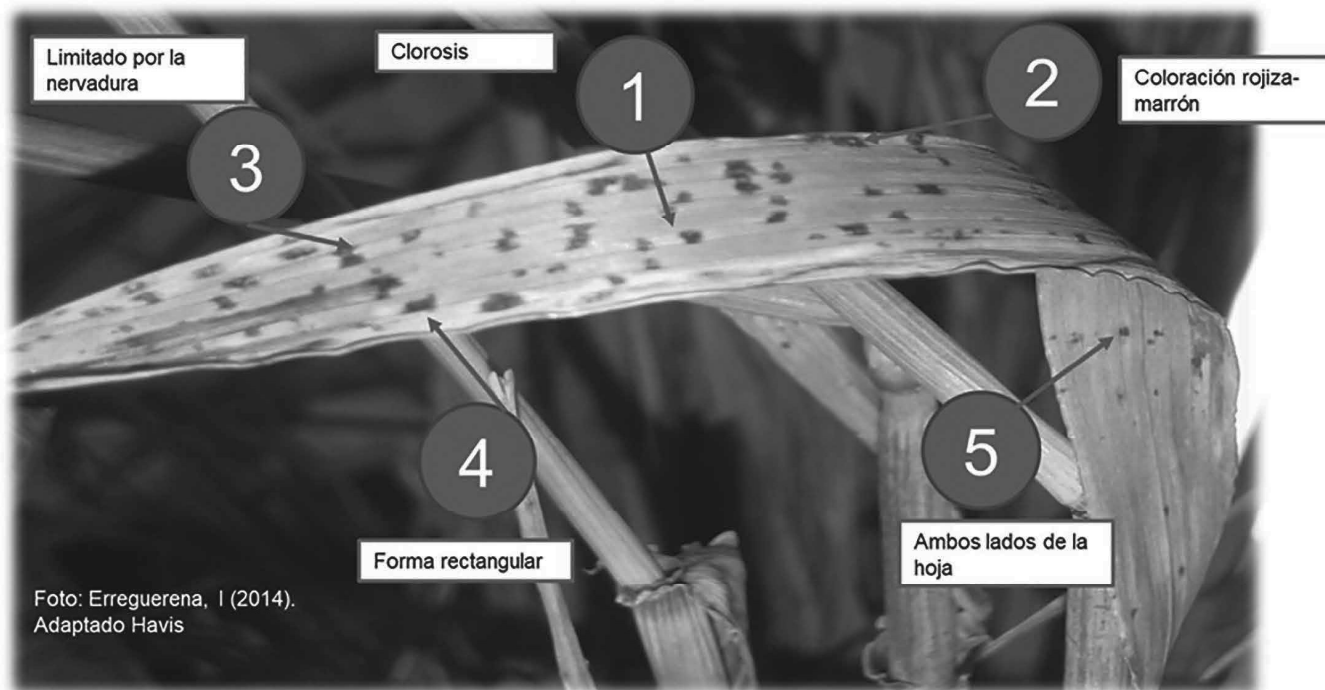
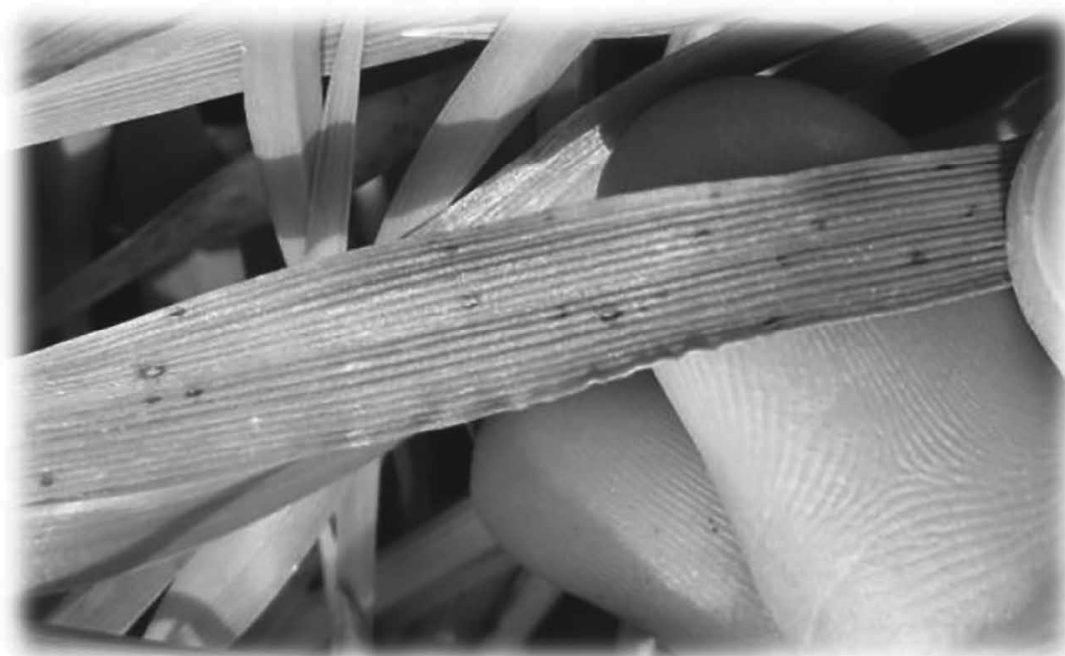


Figura 5

Variedad de cebada cervecera Montoya con manchas fisiológicas en estadios tempranos. Foto: Carpaneto B., 2019.



espontáneas o desde hojas senescentes del mismo cultivo. De todas las fuentes de inóculo nombradas hasta la actualidad, se propone a las semillas como la principal fuente de inóculo. Rcc invade y coloniza la planta de forma asintomática hasta que por estrés, por exceso hídrico, en combinación con radiación solar, comienza su fase necrotrófica donde los síntomas se hacen evidentes para luego pasar a semilla y/o rastrojo.

La enfermedad es muy dependiente de las condiciones ambientales, por eso se la considera esporádica. Ya sabemos que el patógeno invade de manera endófito pero lo importante es saber porque pasa a ser necrotrófico provocando epifitias severas. Como se anticipó previamente, el estrés hídrico por exceso de agua tiende a hacer que la planta acumule especies reactivas de oxígeno (ROS, Reactive Oxygen Species), como el peróxido de hidrógeno. El patógeno censa la presencia de estas formas moleculares del oxígeno y en respuesta comienza a liberar toxinas, entre ellas, la Rubelina D. Esta toxina es fotoactiva, es decir que reacciona con la radiación solar, y por acumulación

comienza a provocar daño al tejido vegetal. Además, en ese momento la actividad de los sistemas antioxidativos de la planta comienza a ser menor (Schützendübel *et al.*, 2008). De esta manera, la conjunción de estos factores desencadena las sintomatología observada. Años con lluvias acumuladas por encima de la media durante el transcurso de los estadios de macollaje y encañazón, y un balance hídrico estable (mayor al 50%) al menos hasta fines de octubre, se asocian con epifitias de *Ramularia* (Carmona *et al.*, 2012; Erreguerena y Cambareri, 2020) (**Figura 6**). Actualmente se está trabajando en este sentido.

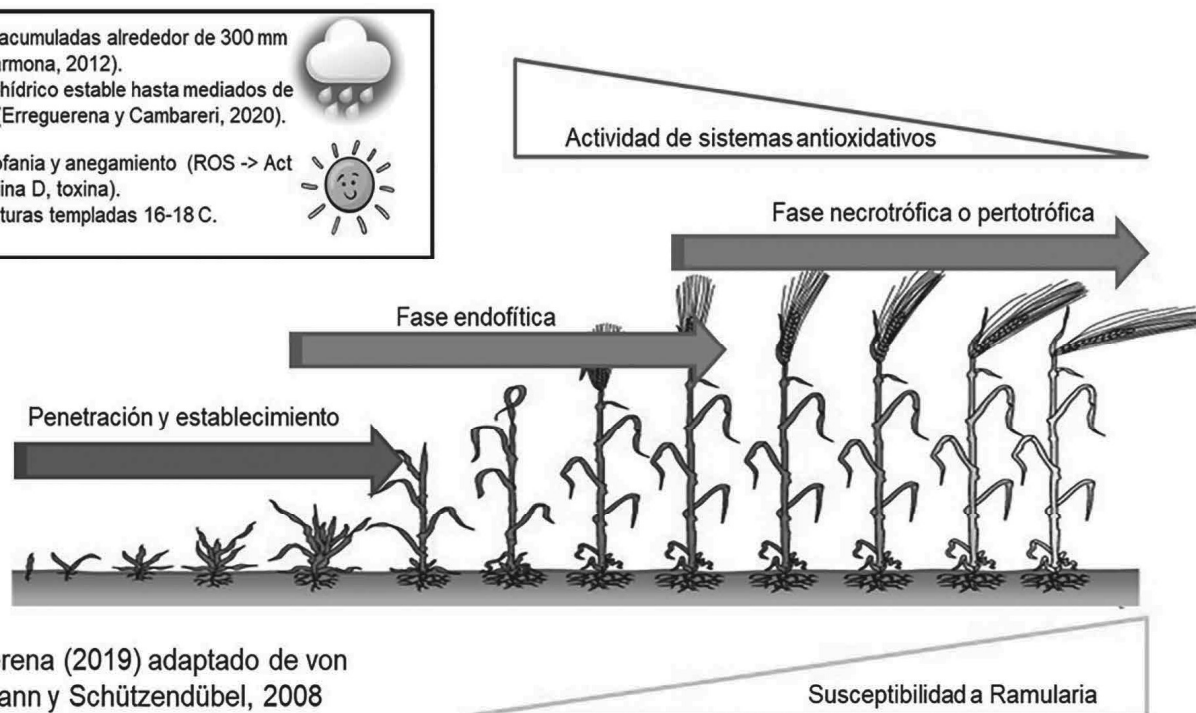
Diagnóstico y detección molecular de *Ramularia collo-cygni*

En cuanto a la detección en semilla y hojas, las características de hemi-endófito de Rcc dificultan el diagnóstico temprano y cuantificación del mismo. Es por esto que su diagnóstico depende de técnicas moleculares como PCR y qPCR que detectan y cuantifican respectivamente el ADN del patógeno en la planta. En tal sentido, en Argentina se puso a punto

Figura 6

Condiciones predisponentes asociadas a epifitias de *Ramularia collo-cygni*.

- Lluvias acumuladas alrededor de 300 mm (stress) (Carmona, 2012).
- Balance hídrico estable hasta mediados de octubre (Erreguerena y Cambareri, 2020).
- Alta heliofania y anegamiento (ROS -> Act de Rubelina D, toxina).
- Temperaturas templadas 16-18 C.



Erreguerena (2019) adaptado de von Tiedemann y Schützendübel, 2008

con éxito la PCR tradicional (cualitativa) según Frei *et al.* (2007), y se evaluó la sensibilidad y capacidad de detección de Rcc en diferentes estadios (Maringolo y Erreguerena, 2014). Además, se implementó esta técnica para detección temprana de Rcc (cooperación de INTA Balcarce y CREA “Mar y sierras”; Erreguerena *et al.*, 2014), donde se detectó que más del 60% de los lotes evaluados de varios partidos de la provincia de Buenos Aires hospedaban a Rcc de manera endófito (**Figura 7**).

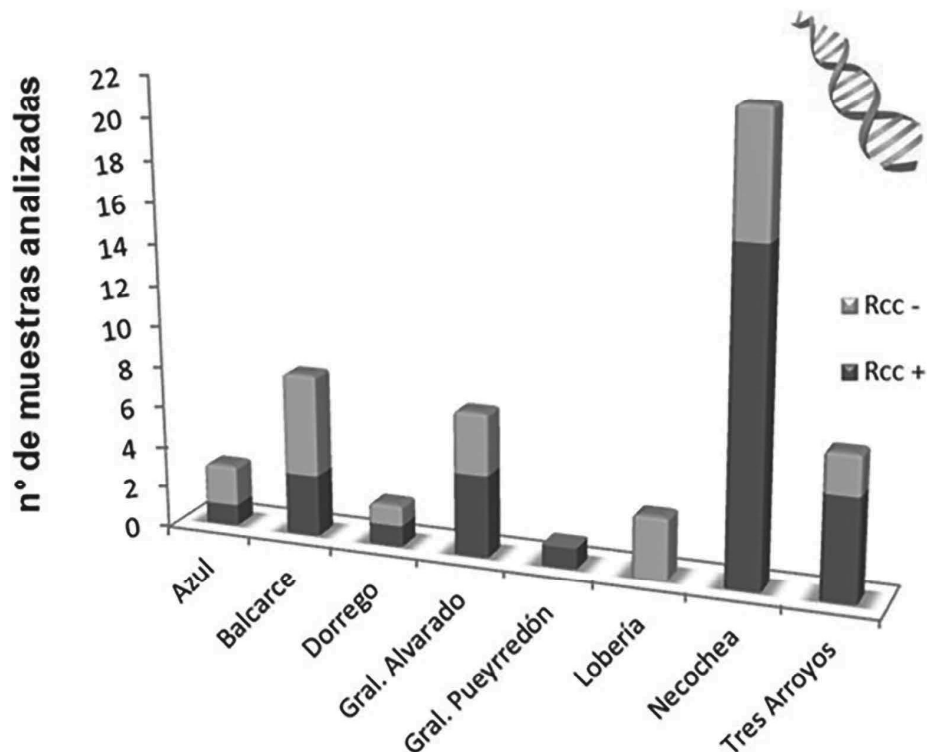
En el año 2014 (Havis *et al.*, 2014), 39 muestras de semilla de cebada de Argentina y 10 muestras de hoja fueron enviadas a Escocia para detección y cuantificación de Rcc, encontrándose en el 94% y 100%, respectivamente. En Uruguay, actualmente se está cuantificando Rcc en semilla, encontrando niveles muy altos de Rcc (mayor a 5 pg ADN Rcc/100 ng de ADN) (Pereyra *et al.*, 2017). Actualmente se está trabajando en poner a punto la qPCR junto al INIA y al SRUC de Escocia para cuantificar Rcc en semilla en Argentina.

Manejo de la enfermedad

Varias características de Rcc lo hacen un patógeno difícil de manejar. En principio, no hay variedades de buen comportamiento en Argentina (Moreyra *et al.*, 2020). En Europa, Hoheneder *et al.* (2020) encontraron resistencia cuantitativa en algunas variedades. Por otro lado, Rcc aprovecha la situación de nitrógeno insuficiente en planta y hay que recordar que se trata de una enfermedad “explosiva”, es decir, que en muy poco tiempo desarrolla síntomas severos. Y cuando se advierten los síntomas, ya es tarde para controlarlos mediante la aplicación de fungicidas. Como si todo lo anterior fuera poco, Rcc responde o es sensible a un número limitado de fungicidas (ingredientes activos, i.a's). Por eso es que el manejo de la enfermedad recae en el control químico preventivo con una limitada cantidad de opciones de i.a's. Además, es considerado de alto riesgo de generación de resistencia (FRAC, 2015), asociada a una variabilidad genética poblacional alta si se considera que no se le conoce fase sexual con

Figura 7

Detección molecular (PCR) de *Ramularia collo cygni* (Rcc) en plantas de cebada en el estadio de macollaje. Proporción de muestras con (+) y sin (-) Rcc por localidad evaluada (provincia de Buenos Aires).



varios reportes de generación de resistencia fungicidas a nivel mundial.

Por todo esto es que inicialmente se trabajó en conocer el o los mejores momentos para la aplicación de activos registrados para Rcc. De esta manera, se realizaron cuatro años de experimentación en varias localidades para determinar el periodo de protección del cultivo. Mediante los ensayos de metodología de protección y desprotección progresiva con fungicida formulado con carboxamida, se pudo determinar el **periodo de protección** entre **los estadios de tres nudos y aristas visibles**, para asegurar un nivel menor al 20% de la enfermedad (Erreguerena *et al.*, 2013), ponderando el estadio alrededor de hoja bandera como óptimo.

Esto fue validado en varios ensayos donde también se analizaron todos los fungicidas formulados con i.a's registrados para el control de Rcc obteniendo excelente control de la enfermedad con todos ellos obteniendo significativas mejoras en rendimiento pero aún más en la calidad comercial del grano (**Tabla 1**).

En relación a algunos reportes aislados de baja eficiencia de control sobre este patógeno en campo, actualmente se está estudiando y relevando la sensibilidad de las poblaciones de Rcc argentinas a los fungicidas más utilizados, en los que se ha observado cierta baja en la sensibilidad. La presencia o ausencia de mutaciones en sitios en acción específicos de estos fungicidas brindará más certezas al respecto.

Tabla 1

Efecto de fungicidas registrados para el control de *Ramularia collo-cygni* sobre la severidad de la enfermedad, rendimiento, peso de mil granos (PMG) y calibre de grano aplicados en hoja bandera. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$). Pro: Protioconazol, Tri: Trifloxistrobina, CoAd: coadyuvante, Bxf: Bixafen, Flux: Fluxapiroxad, Epox: Epoxiconazol, Pira: Piraclostrobina, Ism: Isopyrazam, Azx: Azoxistrobina y CL: Clorotalonil. *producto no registrado para cebada en Argentina, su uso fue solo para investigación.

Tratamientos en hoja bandera	Dosis (cc/ha)	Severidad (%)	Rendimiento (kg/ha)	Calibre (% 2.8 mm)	PMG (g)
Testigo sin fungicida	0	81a	4300a	81.5a	48.7a
Pro +Tri+CoAd	700+250	25b	4850b	85.1b	50.02b
Pro+Tri+Bxf+CoAd	700+250	0c	5225 c	87bc	50.68b
Flux+Epox+Pira	1200	8c	5300c	85.3b	50.22b
Ism+Azx	500	12c	4950 bc	86.3b	52.15c
Cl*+Pro+Tri+CoAd	1500+700	3c	5200c	85.9b	52.11c
Cl*+Flux+Epox+Pira	1500+1200	0c	5850d	85.1b	52.76c

Consideraciones finales

- Se seguirá investigando sobre la biología y epidemiología del patógeno.
- Implementación de detección molecular cuali y cuantitativa para investigación y para servicios.
- El manejo de Rcc debe ser incluido y articulado con el manejo integral de manchas.
- Tomar en cuenta las estrategias anti-resistencia para reducir la tasa de pérdida de sensibilidad (rotación de ingredientes activos, momento de aplicación y toma de decisión en base a “condiciones ambientales Rcc”).
- Apoyar a la investigación y redes de mejoramiento público/privadas para lograr variedades con buenos comportamientos.
- Apoyar a la investigación sobre alternativas a fungicidas (inductores de defensas, control biológico).
- El estudio de este patosistema se encuentra muy bien articulado en instituciones de investigación de diversos países que organizadamente aúnan esfuerzos.

Bibliografía

- Carmona, M.A.; Scandiani, M.M.; Formento, A.N. y Luque, A. 2012. Epidemias de *Ramularia collo-cygni*, organismo causal del salpicado necrótico de la cebada. campaña 2012-2013. Sitio argentino de producción animal. <http://www.produccion-animal.com.ar/>
- Erreguerena I, Quiroz F, Montoya M, Maringolo C, Lázzaro N, Giménez F. 2014. Ventana de protección para el control químico de *Ramularia collo-cygni* y *Rhynchosporium secalis* en cebada en el sudeste bonaerense. 3er Congreso Argentino de Fitopatología, San Miguel de Tucumán, 4-6 Junio de 2014. ISBN: 978-987-24373-1-2 pp 542: (359).
- Erreguerena IA; Maringolo CA; Montoya MRA; Quiroz FJ. 2015. Detección por PCR de *Ramularia collo-cygni* en cebada (*Hordeum vulgare*) y su implementación como técnica de diagnóstico en estadios iniciales del cultivo en lotes de producción de la provincia de Buenos Aires. XV Jornadas Fitosanitarias Argentinas, Santa Fe, Santa Fe, 7 al 9 de octubre 2015.
- Erreguerena I. Ventana de protección para el control químico de *Ramularia collo-cygni* en cebada en el sudeste bonaerense. Taller del Proyecto Nacional de Cereales y Oleaginosas, Santa Fé, 2016.
- Erreguerena I y Quiroz F. Donde se esconde “la *Ramularia*”? Implicancia en la epidemiología del Salpicado Necrótico de la cebada. *Visión Rural* Año XXI N° 103: 2014. ISSN 0328-7009.
- Erreguerena y Cambareli, 2020. Proyecto doctoral Erreguerena I en UNMdP (2017) y convenio SRUC-INTA (2020).
- FRAC 2015. Consulta en línea: 01/2/2016 [www.frac.info]
- Havis N. D., Gorniak K, Carmona M. A Formento A. N, Luque A. G Scandiani, M. 2014a. First Molecular Detection of *Ramularia* Leaf Spot (*Ramularia collo-cygni*) in Seeds and Leaves of Barley in Argentina. *Plant Disease* 98(2):277.
- Hoheneder, F., Hofer, K., Groth, J., Herz, M., Hess, M., & Hüchelhoven, R. (2020). *Ramularia* leaf spot disease of barley is highly host genotype-dependent and suppressed by continuous drought stress in the field. *bioRxiv*. DOI:10.1101/2020.06.02.121491
- Kiehr, M. Carmona, M., Sachs, E., Delhey, R., Frayssinet, S., y Barreto, D. 2002. Salpicado necrótico, nueva enfermedad de la cebada en Argentina causada por *Ramularia collo-cygni*. Resúmenes XI Jornadas Fitosanitarias Argentinas, Río Cuarto, Argentina p47.
- Moreyra Federico, Conti Veronica Andrea, Gonzalez Germán Andrés, Erreguerena Ignacio Antonio, GIMENEZ Fernando Jose. 10 de mayo, 2018. Valoración del perfil sanitario en los ambientes y genotipos evaluados en la Red Nacional de Cebada Cervecera. <https://inta.gob.ar/documentos/valoracion-del-perfil-sanitario-en-los-ambientes-y-genotiposevaluados-en-la-red-nacional-de-cebada-cervecera>
- Moreyra F., Erreguerena I., Couretot L., Cattáneo M, Gonzalez G., Samoiloff A., Conti V., Carpaneto B., Vallati, Gonzalez A., Gil A., Gimenez F. Perfiles sanitarios de cultivares de cebada cerveza utilizados en Argentina. Ediciones INTA, 2020. DOI: 10.13140/RG.2.2.13193.26722
- Pereyra Silvia y Carlos Pérez (2017). Avances y perspectivas para el manejo de ramulariosis en cebada en Uruguay. INIA La Estanzuela. http://www.eemac.edu.uy/cangue/joomdocs/cangue_38/Cangue38_ramulariosis.pdf
- Pereyra Silvia; Erreguerena Ignacio; Couretot Lucrecia, Pérez Carlos; Palladino Cintia; Havis Neil. Upsurge of *Ramularia* leaf spot in South America. 2nd International Workshop on Barley Leaf Diseases. 2nd International Workshop on Barley Leaf Diseases April 5-7, 2017. Rabat, Morocco.
- Schützendübel, A., Stadler, M., Wallner, D., y von Tiedemann, A. 2008. A hypothesis on physiological alterations during plant ontogenesis governing susceptibility of winter barley to *Ramularia* leaf spot. *Plant Pathol.* 57:518-526.
- Thomson J (2014) en Havis, N. D., Brown, J. K. M., Clemente, G., Frei, P., Jedryczka, M., Kaczmarek, J., Kaczmarek, M., Matusinsky, P., McGrann, G. R. D., Pereyra, S., Piotrowska, M., Sghyer, H., Tellier, A., Hess, M. 2015. *Ramularia collo-cygni* - an emerging pathogen of barley crops. *Phytopathology* 105:895-400. <http://dx.doi.org/10.1094/Phyto-11-14-0337-FI>